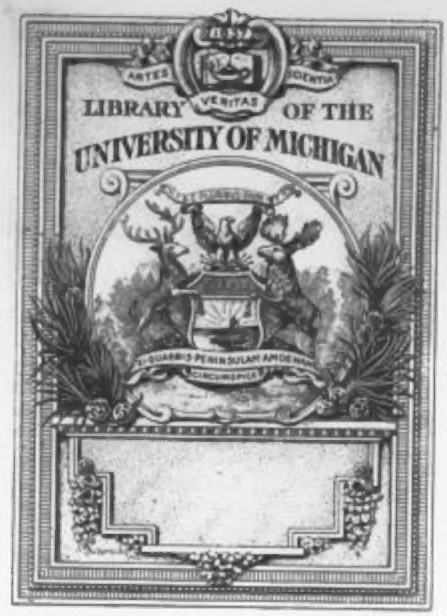
C 3 9015 00357 371 7
University of Michigan - BUHR

Digitized by Google



Digitized by Google

T
3
.G4

Digitized by Google

Digitized by Google

VERHANDLUNGEN

des Vereins

zur

Beförderung des Gewerbfleißes.

Dreiundachtzigster Jahrgang.

1904.

In 10 Lieferungen mit 7 lithographischen Tafeln, 27 Autotypie-Tafeln und 161 in den Text gedruckten Abbildungen.

Redakteur: **Prof. Dr. W. Wedding.**

Berlin.

Verlag von Leonhard Simion Nf.

1904.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis
des dreiundachtzigsten Jahrgangs der Verhandlungen.

I. Angelegenheiten des Vereins.

	Seite
Vorstand und Namens-Verzeichnis der Mitglieder vom 1. Januar 1904	1
Der Technische Ausschuß	29
Die Kuratoren der v. Seydlitz- und Weber-Stiftung	32
Preisaufgabe und Honorarausschreibung	77
Bekanntmachung über die Verleihung von Stipendien der Jubiläum-Stiftung	33
Verzeichnis der dem Verein als Frei- oder Tausch-Exemplare regelmäßig zugehenden Schriften	34

II. Abhandlungen.

Die Windkraftmaschinen und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Schluß. Von Regierungsrat W. Gentsch. Mit 14 Textfiguren	37
Anwendung der neueren Methoden der Festigkeitslehre auf einige Beispiele aus dem Maschinenbau. Von Regierungsbaumeister H. von Glinski. Mit 9 Textfiguren	76
Die Verbundlokomotive in England. Ein Beitrag zur Geschichte der Verbundlokomotive. Von Dr. techn. R. Sanzin, Konstrukteur der techn. Hochschule in Graz. Mit 25 Textfiguren	91, 111, 155
Die Elektrochemie hoher Temperaturen. Von Ernst A. Schott, Hütteningenieur, Berlin. Mit 18 Textfiguren	140
Über Kuppel- und räumliche Dachfachwerke. Von Dipl. Ingenieur Dr. Wilhelm Schlink, Privatdozent an der technischen Hochschule zu Darmstadt. Mit 23 Textfiguren	181
Das Eisenhüttenwerk Thale. Von Prof. Dr. H. Wedding, Geh. Bergrat. Mit 3 lithographischen Tafeln	199
Die Kegelschnitte im Kurbelbetriebe. Von Joh. Torka, Ingenieur, Berlin-Friedenau. Mit 23 Textfiguren	225
Über die Bestimmung von Schmelzpunkten bei hohen Temperaturen. Von Kurt Arndt. Mit 9 Textfiguren	265
Über Chromsäure-Gerbung. Von Dr. Chr. Heinzerling †. Mit 7 Textfiguren	290
Das Talbot-Verfahren in Frodingham. Von Prof. Dr. W. Wedding, Geh. Baurat. Mit 2 lithographischen Tafeln und 3 Textfiguren	329
Über den Reibungskoeffizienten für keilförmiges Profil der Reibungsflächen. Von Anton Böttcher, Ingenieur in Hamburg. Mit 9 Textfiguren	349
I. Bericht über die mikroskopische Untersuchung der vom Sonderausschuß für Eisenlegierungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes hergestellten Legierungen. Mitteilung aus dem Kgl. Materialprüfungsamte, Groß-Lichterfelde-West. Von Professor E. Heyn. Mit 27 autotypischen, 4 lithographischen Tafeln und 29 Textfiguren	355
Untersuchungen am Wellenstrom-Lichtbogen. Von Dr. C. Heinke, München. Mit 13 Textfiguren	403
Der technische Stand und die Entwicklung des ungarischen Eisenbahnwesens im Jahre 1902. Nach amtlichen Quellen bearbeitet von Hütteningenieur Bruno Simmersbach	429

IV. Kleinere Mitteilungen.

Das Technolexikon des Vereins Deutscher Ingenieure	110
Über die von dem Verein Deutscher Ingenieure herausgegebenen „Mitteilungen über Forschungsarbeiten“	152
Ansprache des Kommerzienrat Bialon an das Personal der Maschinenfabrik und Eisengießerei von C. Hummel in Berlin am 25. November 1904	398

17266

Digitized by Google

1904.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Namensverzeichnis der Mitglieder vom 1. Januar 1904.

Seine Majestät der Kaiser und König.

Ehren-Mitglied.

Solvay, Ernest, Fabrikant in Brüssel.

Vorstand.

Vorsitzender: Unterstaatssekretär Wirkl. Geheimer Rat *Fleck,* Exzellenz, Charlottenburg, Fasanenstr. 27.

Erster Stellvertreter: Geheimer Bergrat Professor Dr. *H. Wedding,* Berlin W. 35, Genthinerstr. 13, Villa C.

Zweiter Stellvertreter: Professor Dr. *G. Kraemer,* Berlin W. 35, Flottwellstr. 7.

Kassenführer: *Zwicker,* Generalkonsul, Berlin C. 19, Gertraudtenstr. 16.

Digitized by Google

Einheimische Mitglieder.

v. Adelson, Kaufmann, W. Leipzigerstr. 124.
Akkumulatoren-Fabrik, Aktien-Gesellschaft, NW. Luisenstr. 31a.
Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, SO. Lohmühlenweg 141/142.
Aktien-Gesellschaft für Fabrikation techn. Gummiwaaren (C. Schwanitz & Co.), N. Müllerstr. 171a/172.
Akt.-Gesellsch. *Johannes Haag*, Maschinen- und Röhrenfabrik, SW. Mittenwalderstr. 56.
Akt.-Gesellschaft *Schaeffer & Walcker*, SW. Lindenstr. 18.
Aktien-Gesellschaft *Siemens & Halske* in Charlottenburg, Franklinstr. 29.
Alexander-Katz, Paul, Dr., Rechtsanwalt und Privatdozent a. d. Kgl. Techn. Hochschule, W. Leipzigerstr. 39.
Altmann, A., Fabrikbesitzer, SW. Königgrätzerstr. 109.
Andree, H., Ingenieur, ständiger Assistent im elektrotechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin, Charlottenburg, Berlinerstraße 151.
Antrick, O., Dr., Direktor der chem. Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Charlottenburg, Schillerstr. 127.
Architekten-Verein, W. Wilhelmstr. 92/93.
Arndt, H., in Firma Arndt & Marcus, SO. Elisabeth-Ufer 29.
Arnhold, E., Kommerzienrat, W. Französischestr. 60/61.
Aschrott, Siegm., Kommerzienrat, Bankier, W. Bellevuestr. 12.
Bachstein, Hermann, Eisenbahnbau- und Betriebs-Unternehmer, SW. Großbeerenstr. 89.
Backhaus, W., Fabrikbesitzer, in Firma A. Wunderlich Nachf., W. Karlsbad 15.
Beermann, H. & G., in Firma C. Beermann, SO. 36, Vor dem schlesischen Tor.
Behrend, G., Kaufmann, W. Kurfürstenstr. 97.
Behrend, M., Kommerzienrat, Charlottenburg, Hardenbergstr. 13.
Behrendt, F., Bildhauer und Professor am Kunstgewerbe-Museum, SW. Großbeerenstr. 76.
Behrens, E., Kommerzienrat, N. Pankstr. 15.
Bein, Dr., gerichtl. Chemiker, SW. Königgrätzerstr. 43.
Benas, Th., Dr., Chemiker, W. Matthäikirchstr. 8.
Benver, Emil in Charlottenburg, Grolmannstraße 34.
Bergmann, E., vorm. L. Oberwarth Nachf., S. Stallschreiberstr. 23a.
Beringer, A., Ingenieur in Charlottenburg, Sophienstr. 21.
Beringer, E., Kommerzienrat in Charlottenburg, Sophienstr. 18.
Berliner Aktien-Gesellschaft für Eisengießerei u. Maschinenfabrikation in Charlottenburg, Franklinstr. 6—10.
Berlin-Anhalter Maschinenbau-Akt.-Ges., Charlottenburg, Kaiserin Augusta-Allee 27.
Berliner Gußstahlfabrik und Eisengießerei Hugo Hartung, Akt.-Gesellschaft, NO. Prenzlauer-Allee 41.
Berliner Lampen- und Bronzewaaren-Fabrik, vormals C. H. Stobwasser & Co., Aktien-Gesellschaft, SW. Wilhelmstraße 42a.
Berliner Werkzeugmaschinen-Fabrik, Aktien-Gesellschaft, vorm. L. Sentker, N. Müllerstr. 35.
Bernhard, L., Fabrikbesitzer, NW. Haidestraße 55/57.
Berthold, H., Kommerzienrat, W. Maaßenstraße 28.
Bertram, Stadtschulrat, Professor, Geh. Regierungsrat, W. Kurfürstenstr. 14.
Bialon, R., Kommerzienrat, Fabrikbesitzer, in Firma C. Hummel, Maschinenfabrik u. Eisengießerei, N. Johannisstraße 1a.

Digitized by Google

Bibliothek der General-Steuerverwaltung, C. Am Festungsgraben 1.

Bibliothek der Königl. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Berlinerstr. 151.

Bierotte, Max, W. Dörnbergstr. 1, Vertreter der Verlagsbuchhandlung R. Oldenbourg in München.

Bilharz, O., Ober-Bergrath a. D., W. Lutherstraße 7/8.

Bing, S., W. Kronenstr. 29.

Bischoff, C., Dr., NW. Werftstr. 20.

Blanckertz, Rudolf, NO. Georgenkirchstr. 44.

Bleistein, M., in Firma J. Schmidt, W. Genthinerstr. 3.

Blenck, E., Präsident des Kgl. statistischen Büreaus, SW. Lindenstr. 28.

Bluhm, E., Mitglied des Vorstandes der Akt.-Gesellschaft F. Butzke & Co., S. Ritterstr. 12.

Blumenfeld, E., Hoflieferant, in Firma Gebr. Bauer, W. Keithstr. 6.

Böhler, Gebrüder, & Co., N. Chausseestraße 28b.

Börner, O., in Firma Börner & Herzberg, SW. Bernburgerstr. 14.

Börnstein, E., Dr. phil., W. Maaßenstr. 34.

Bohm, A., Baumeister und Direktor der Deutsch. Baugesellschaft, W. Jägerstraße 27.

Bolle, A., Fabrikant, S. Ritterstr. 14.

Bork, Wilhelm, Geh. Baurat, Mitglied der Königlichen Eisenbahn-Direktion, SW. Tempelhofer-Ufer 28.

Borsig, Conrad,
Borsig, Ernst, } Kommerzienräte und Fabrikbesitzer, Chausseestraße 6.

Brand, Albano, Dr. phil., Professor, Privat-Dozent an der Technischen Hochschule, Gr.-Lichterfelde, Potsdamerstraße 12.

Brandholt, Max, Fabrikant, W. Kurfürstendamm 216.

Brunzlow, Carl, Fabrikbesitzer, NO. Neue Königstr. 15.

Bücherei des Instituts für Gährungsgewerbe, N. Seestr. 4.

Budde, E., Dr., Prof., Direktor des Charlottenburger Werks von Siemens & Halske, Charlottenburg, Berlinerstr. 54.

Budnik, Oskar, Inhaber der Firma Joh. Jacobi & Sohn in Graudenz, W. Kurfürstendamm 13.

Bueck, H. A., Generalsekretär, Geschäftsführer des Centralverbandes deutscher Industrieller, W. Karlsbad 4a.

Büsing, Joh., Baurat, Direktor in Westend-Charlottenburg, Nufsbaum-Allee 1—3.

Busley, C., Geheimer Regierungsrat Prof., NW. Kronprinzen-Ufer 2.

Butzke, F. & Co., Akt.-Gesellsch. f. Metall-Industrie, S. Ritterstr. 12.

Caro, G., Dr. jur., Kommerzienrat, W. Unter den Linden 3a.

Caspari, P., Dr., W. Matthäikirchstr. 4.

Chrambach, Carl, Direktor, W. Kurfürstendamm 247.

Claus, H., Kommerzienrat, General-Direktor des Eisenhüttenwerks Thale, Aktien-Gesellschaft zu Thale a. H., NW. Brücken-Allee 29.

Clemm, F., Dr., W. Französischestr. 32.

Clefs, R., i. Fa. H. Kirchhoff in Zehlendorf, Stubenrauchstr. 9.

Cohn, E., Hoflieferant, W. Leipzigerstr. 88.

Conrad, C., Kgl. Münz-Direktor, C. Unterwasserstr. 2.

Cramer, R., Baurat und Civilingenieur, SW. Königgrätzerstr. 101.

Croner, Bernhard C., Kaufmann u. Handelsrichter, C. Neue Friedrichstr. 9.

Dalchow, Ingenieur und Redakteur, NW. Marienstr. 17.

Dampfkessel-Revisions-Verein „Berlin", NW. Alt-Moabit 98.

Darmstädter, Dr., Fabrikbesitzer, W. Landgrafenstr. 18a.

Deisler, R., in Firma Kuhnt & Deisler, NW. Luisenstr. 31a.

Delbrück, L., Bankier, W. Mauerstr. 61/62.

Delbrück, E., Geheimer Regierungsrat, W. Eislebenerstr. 13.

Digitized by Google

Demuth, A., Königl. Hofbuchbindermeister, W. Mohrenstr. 58.

Dernburg, B., Direktor der Bank für Handel und Industrie, W. Schinkelplatz 1/2.

Deutsch, F., Direktor der Allg. Elektr.-Ges., NW. Schiffbauerdamm 22.

Dihlmann, Karl, Direktor u. stellvertretendes Vorstandsmitglied d. Firma Siemens & Halske, Akt.-Ges., W. Tauenzienstraße 7a.

Dopp, F., Fabrikbesitzer, N. Eichendorffstraße 20.

Douglas, Graf, Dr., Bergwerksbesitzer, W. Bendlerstr. 15.

Dümmler, K., Architekt in Wilmersdorf-Berlin, Ludwigkirchstr. 1.

Eckelt, J. L. C., Zivil-Ingenieur, N. Chausseestraße 19.

Königliche Eisenbahn-Direktion Berlin, W. Schöneberger Ufer 1—4.

Eisner, H., NW. Charlottenstr. 43.

Elkan, Theodor, Dr., Chemiker, W. Kurfürstenstr. 131.

Elster, J., Fabrikbesitzer, NO. Neue Königstraße 67.

Ende & Devos, Kronleuchter-Fabrik, S. Gitschinerstr. 74.

Fehlert, C., Zivil-Ingenieur und Patentanwalt, NW. Dorotheenstr. 32.

Fernandez-Krug, P., Dr., Groß-Lichterfelde, Marienplatz 8.

Fischer, P., Regierungsrat und Mitglied des Kaiserl. Patentamtes in Charlottenburg, Orangenstr. 10.

Fleck, C., Exzellenz, Wirkl. Geheimrat, Unterstaatssekretär im Ministerium der öffentl. Arbeiten in Charlottenburg, Fasanenstr. 27.

Fleck, R., in Firma C. L. P. Fleck Söhne in Reinickendorf-Berlin.

Flohr, C. (vorm. Theodor Lifsmann), N. Chausseestr. 28b.

Frank, A., Dr., Chemiker u. Civil-Ingenieur in Charlottenburg, Berlinerstr. 26.

Frank, Georg, in Firma David & Co., C. An der Fischerbrücke 14.

Frenkel, H., Kommerzienrat, in Firma Jacquier & Securius, W. Thiergartenstr. 14.

Frentzel, A., Geh. Kommerzienrat, SO. Michaelkirchstr. 15.

Freund, Wirkl. Geheimer Rat, Exzellenz, W. Lutherstr. 19b.

Frey, H., Ingenieur und Direktor der Norddeutschen Eiswerke, Aktien-Gesellschaft, Rummelsburg-Berlin.

Freystadt, Wilhelm, Fabrik., Gr.-Lichterfelde, Jungfernstieg 22.

Fricke, A., Inh. der Firma Fricke & Stiller, NW. Stromstr. 47.

Friedeberg, Alfred, Zivil-Ingenieur, N. Neue Hochstr. 2

Friedeberg, E., Hofjuw. Sr. Maj. des Kaisers, NW. Unter den Linden 42.

Friedeberg, F. W., Besitzer der Märkischen Eisengießerei in Eberswalde, NW. Unter den Linden 42.

Friedlaender, Benedikt, Dr., W. Regentenstraße 8.

Friedlaender, Fritz, Kommerzienrat, W. Unter den Linden 8.

Fürstenberg, James, Prokurist d. Fa. Leonhard Simion Nf., SW. Wilhelmstr. 121.

Gallenkamp, Dr., Geh. Ober-Finanzrat, Vice-Präsident des Reichsbank-Direktoriums, Charlottenbg., Fasanenstr. 12.

Garbe, Geheimer Baurat und Mitglied des Königl. Eisenbahn-Direktoriums und des Kaiserl. Patentamtes, SW. Tempelhofer Ufer 28.

Gary, Max, Professor, Ingenieur und Vorsteher der Abteilung für Baumaterialienprüfung in Groß-Lichterfelde-West, Potsdamer-Chaussee.

Gebauer, Fr., Fabrikbes. in Charlottenburg, Franklinstr. 11—14.

Gebhardt, C., Fabrikbes. in Stralau, Seeweg.

Gelpcke, Max, Dr., Rechtsanwalt u. Notar, W. Mohrenstr. 66.

Genest, W., General-Direktor der Akt.-Ges. Mix & Genest, Gr.-Lichterfelde-O., Boothstr. 16.

Digitized by Google

Gentsch, Wilhelm, Kaiserl. Regierungsrat u. Mitglied des Patentamtes in Berlin, Charlottenburg, Grolmanstr. 39.

George, Rud., Bankier, W. Charlottenstr. 62.

Gerschel, Hugo, Dr., NW. Marienstr. 19/22.

Glaser, F. C., Geh. Kommissionsrat, SW. Lindenstr. 80.

Glaser, L., Reg.-Baumeister a. D., Patentanwalt, SW. Lindenstr. 80.

Goldberger, L. M., Geh. Kommerzienrat und Handelsrichter, W. Markgrafenstraße 53/54.

Goldschmidt, M., Dr., in Charlottenburg, Meineckestr. 6.

Goldschmidt, O., Dr., N. Johannisstr. 20.

Gosebruch, W., Dr., W. Flottwellstr. 17 I.

de Grahl, Gustav, Ingenieur und Prokurist d. Fa. Franz Marcotty in Friedenau, Sponholzstr. 47.

Firma *Georg Grauert* in Stralau-Berlin, Alt-Stralau 67.

Grengel, H., Ingenieur und Fabrikant, N. Koloniestr. 12.

Gronert, C., Patentingenieur, NW. Luisenstraße 42.

Große, Fr. E., Glashüttenbesitzer, NW. Paulstr. 5.

Große Berliner Straßenbahn in Berlin, W. Leipziger Platz 14.

Grove, D., Fabrikbes., SW. Friedrichstr. 24.

Grünfeld, Heinr., in Firma Landeshuter Leinen- und Gebild-Weberei F. Grünfeld in Landeshut i. Schles., W. Leipzigerstr. 25.

Güterbock, Gustav, W. Victoriastr. 33.

Habermann, R., Ingenieur, SO. Manteuffelstraße 80.

von der Hagen, O., Geh. Ober-Reg.-Rat u. vortr. Rat im Königl. Ministerium f. Handel u. Gewerbe, Charlottenburg, Kantstr. 162.

Hahn, Oscar, W. Hohenzollernstr. 9.

Hammacher, Friedrich, Dr. jur., W. Kurfürstenstr. 115/116.

Königl. Ministerium für Handel und Gewerbe, W. Leipzigerstr. 1

Hartmann, H., Dr., Ingen., N. Lynarstr. 5/6.

Hartmann, K., Prof., Geh. Reg.-Rat und Senatsvorsitzender im Reichs-Versicherungsamt, Dozent a. d. Techn. Hochsch., Charlottenburg, Fasanenstraße 29.

Hartmann, W., Professor, Dozent a. d. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Augsburgerstr. 64.

Haslinde, Heinrich, Kaufmann, W. Motzstraße 89.

Hafse, Max & Co., Maschinenfabrik, N. Lindowerstr. 22.

Hauptner, Rudolf, Fabrikbesitzer, NW. Luisenstr. 53.

Hausbrand, E., Ingenieur, SO. Görlitzer Ufer 9.

Hausmann, W., Justizrat, W. Margarethenstraße 8.

Hauſs, Carl, Wirkl. Geh. Ober-Regierungsrat, Präsident des Kaiserl. Patentamtes, W. Uhlandstr. 167.

Hecht, H., Dr., Regierungsrat, Privat-Dozent a. d. Kgl. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Uhlandstr. 193, Tonindustriezeitung.

Hecker, Emil, Kommerzienrat, W. Thiergartenstr. 6a.

Heckmann, P., Fabrikbesitzer, SO. Görlitzer Ufer 9.

Heffter, Werner, Dr., in Vertretung der Genossenschaft „Elektrowacht", NW. Calwinstr. 14.

Heinecke, A., Dr., Geh. Reg.-Rat, Direktor der Königl. Porzellan-Manufaktur, NW. Wegelystraße.

Held, Robert, in Firma C. Lorenz, S. Prinzessinnenstr. 21.

Henniger, Max, Fabrik. in Neu-Weifsensee, König-Chaussee 44.

Hensel & Schumann, Hoflieferanten, C. Niederwallstr. 34.

Herbig, R., in Firma Friedr. Siemens & Co., SW. Tempelhofer Ufer 22.

Herrmann, W., Subdirektor, SW. Königgrätzerstr. 84.

Digitized by Google

Herter, Adolf, Inh. d. Firma Held & Herter, W. Kurfürstendamm 211.

Hertzer, Dr., Geh. Reg.-Rat, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochschule, W. Frobenstraße 14.

Herz, S., Kaufmann, NW. Dorotheenstr. 1.

Herzberg, A., Baurat und Ingenieur, W. Margarethenstr. 1.

Herzfeld, A., Dr., Professor, Grunewald-Berlin, Gillstr. 12.

Hildebrand, Theodor } in Firma Theod.
Hildebrand, Richard } Hildebrand & Söhne, N. Pankstr. 18.

Hillerscheidt & Kasbaum, Masch.-, Eisenbahnbau- und Kunstschmiedewerk, N. Schönhauser Allee 44.

Hinkel, Fr. W., O. Schillingstr. 12—14.

Hirsch & Sohn, Aron, NW. Roonstr. 2.

Hirschmann, B., in Firma Deutsche Kabelwerke vorm. Hirschmann & Co., Akt.-Ges., W. Linkstr. 25.

Hirschwald, H., Königl. Hoflieferant, Inhaber des Hohenzollern Kaufhauses, W. Leipzigerstr. 13.

Hjarup, P., Fabrikbesitzer, N. Prinzen-Allee 24.

Hock, M., Disponent, W. Neue Winterfeldtstraße 39.

Hoering, Paul, Dr., W. Bendlerstr. 14

Hörmann, A., Geheimer Bergrat und Prof. a. d. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Passauerstr. 41.

Hoeter, J., Ministerial-Direktor a. D., Gesch.-Inh. der Diskonto-Ges., W. Kurfürstendamm 220.

Holtz, Dr. med., Kommerzienrat, NW. Brücken-Allee 8.

Holz, Emil, Ingenieur, Charlottenburg, Uhlandstr. 171/172.

Hopf, Ministerialdirektor im Reichsamt des Innern, W. Corneliusstr. 1.

Hoppe, H., Fabrikbes., N. Gartenstr. 9—12.

Hoppe, P., Fabrikbesitzer, Westend-Charlottenburg, Eichen-Allee 14.

von Huber, Wirkl. Geh. Rat, Exzellenz, W. Derfflingerstr. 20.

Hundhausen, Rudolf, Ingen. und Direktor, Grunewald-Berlin, Humboldtstr. 41.

Jczewski, A., Ingenieur und Direktor, NW. Mittelstr. 9 I.

Ide, Hermann, Königl. Hoflieferant und Fabrikbesitzer, NO. Greifswalderstraße 132/133.

Ihne, E., Geheimer Hofbaurat und Hof-Architekt Sr. Majestät des Kaisers, NW. Pariser-Platz 6a.

Italiener, Oskar, Chef-Redakteur u. Verleger der Zeitschrift: „Techn. Centralblatt für Berg- und Hüttenwesen etc.“, NW. Claudiusstr. 14.

Jacob, E., Kommerzienrat, in Firma Jacob & Valentin, W. Kurfürstenstr. 114.

Jacoby, J. & A., C. Spandauerstr. 9.

Jaeger, H., Geh. Ob.-Reg.-Rat u. vortr. Rat im Königl. Ministerium f. Handel u. Gewerbe, Groß-Lichterfelde, Ringstraße 1.

Jaffé, B., Dr., Fabrikbesitzer in Charlottenburg, Salz-Ufer 8.

Jaffé, F., Königl. Baurat, W. Neue Winterfeldtstr. 28.

Firma *Janeck & Vetter*, SW. Teltowerstr. 17.

Jarislowsky, Adolf, i. Fa. Jarislowsky & Co., C. An der Schleuse 5a.

Jeserich, P., Dr., Vereid. Gerichts- u. Steuer-Chemiker, Charlottenburg, Fasanenstraße 21.

Jordan, P., Direktor der Allg. Elektr.-Ges., W. Thiergartenstr. 26a.

Joseph, Bernhard, S. Ritterstr. 26.

Junghann, Otto, Bergrat, Generaldirektor d. Vereinigten Königs- u. Laurahütte Akt.-Ges., W. Tiergartenstr. 26a.

Jüngst, C., Geh. Bergrat, W. Kurfürstendamm 214.

Junk, Jos., Ingenieur, SW. Ritterstr. 59.

Kampffmeyer, Th., Baumeister u. Ingenieur, S. Märkischer Platz 1.

Katz, Edwin, Dr., Rechtsanwalt, W. Französischestr. 14.

Keferstein, C., Kommerzienrat, NW. Brücken-Allee 8.

zed by Google

Keyling, L., Direktor, N. Gartenstr. 47.
Kirchner, W., Ingen., Friedenau, Fregestr. 52.
Knöfler, O., Dr., Charlottenbg., Kantstr. 151.
v. Knorre, G., Dr., Prof. an der Königl. Technischen Hochschule, Charlottenburg, Goethestr. 82.
Kollmann, Jul., Dr., Ingenieur, W. Meierottostr. 6.
Königsberger, L., Fabrikbes., SW. Beuthstr. 12.
Kopetzki, Wilhelm, Kommerzienrat, W. Behrenstr. 59.
Koppel, Arthur, Fabrikbesitzer, C. Neue Friedrichstr. 38/40.
Kraemer, G., Dr., Prof. u. Fabrik-Direktor, W. Flottwellstr. 7.
Krause, Max, Baurat und Direktor von A. Borsig, Berg- und Hüttenverwaltung (Borsigwerk Ober-Schl.), N. Chausseestr. 6.
Kremser, H., NW. Lessingstr. 49.
Krüger, J., Direktor der deutschen Gasglühlicht-Aktien-Gesellschaft, SW. Alte Jacobstr. 139/143.
Krug, Karl, Dr., Assistent an der Kgl. Bergakademie, NW. Klopstockstr. 21.
Kühnemann, Fr., Kommerzienrat, N. Elsasserstraße 22.
Kunheim, Erich, Dr. phil., Fabrikbesitzer, Niederschönweide-Berlin
Lachmann, E., Dr. jur., Fabrikbesitzer, W. Bendlerstr. 9.
Lachmann, G., in Firma G. Hornemann, SW. Neuenburgerstr. 7.
Lachmann, Norbert, Ingen., O. Blumenstr. 65.
Lachmann, P., Dr. jur., Fabrikbesitzer, W. Thiergartenstr. 3.
Lachmund, A., Fabrikant, S. Prinzessinnenstraße 21.
Landau, H., Kommerzienrat, W. Wilhelmstraße 71.
Landau, S., Inhaber der Firma Leonhard Simion Nf., Verlagsbuchhandlung, SW. Wilhelmstr. 121.
Landolt, H., Geh. Reg.-Rat und Professor an der Universität, NW. Albrechtstraße 13/14.
Lange, Ch., Ingenieur, Charlottenburg, Rankestr. 34.
Lange, Otto, Direktor, Alt-Moabit, NW. Thurmstr. 3.
Lehmann, Alfred, Fabrikbesitzer, W. Nollendorf-Platz 3.
Lehmann, Rich., Direktor, Niederschönweide.
Leichner, J. L., Kommerzienrat und Fabrikbesitzer, SW. Schützenstr. 31.
Leinhaas, A., Papier-Großhandlung, SW. Zimmerstr. 49.
Leist, C., Prof., Dozent a. d. Königl. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Fasanenstr. 81.
Leman, A., Dr., Prof. u. Mitgl. d. Phys.-techn. Reichsanstalt, Gr.-Lichterfelde West, Ringstr. 37.
Lemp, J., Mitinh. d. Firma Schmöle & Co., C. Breitestr. 5.
Lender, Rudolf, Fabrikbesitzer, in Firma Dr. Graf & Co., Friedrichsberg-Berlin, Gürtelstr. 14.
Lentz, Joh., Fabrikant, N. Große Hamburgerstr. 2.
Leo, Rudolf, Dr., Magistratsassessor, W. Dörnbergstr. 7.
Leonhard, H., Dr. philos. u. med., Arzt, W. Lichtenstein-Allee 1.
Lessing, C. R., Geheimer Justizrath, NW. Dorotheenstr. 15.
Levin, Hugo, Kaufmann, W. Königin Augustastr. 42.
Lewinsohn, L. L., Ingenieur, Schöneberg-Berlin, Motzstr. 34.
Liebermann, C., Dr., Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Kgl. Techn. Hochschule, W. Matthäikirchstr. 29.
von Liebermann, Fritz, Dr., W. von der Heydtstraße 17.
Liebreich, O., Dr., Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Universität, NW. Neustädtische Kirchstr. 9.
Lipmann, Simon, Rentier, W. Thiergartenstraße 18.
Lipmann, Ernst, Reg.-Baumeister a. D., W. Thiergartenstr. 18.

Digitized by Google

Löllich, A., Holzhändler, SO. Bethanien-Ufer 6.

Löwe, J., Kommerzienrat, General-Direktor, W. Bellevuestr. 11a.

Ludewig, H., Prof. an der Kgl. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Schillerstraße 110.

Ludloff, F., Besitzer der Berliner Porzellan-Manufaktur, Charlottenburg, Salz-Ufer 23.

Lürmann, F. W., Hüttentechnisches Bureau, W. Unter den Linden 16.

Maas, A., & Co., S. Inselstr. 9.

Maether, E., Maschinenbau-Anstalt, SO. Wrangelstr. 131.

Magistrat zu Charlottenburg.

Mamroth, P., Direktor der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellsch., NW. Schiffbauerdamm 22.

Mantler, Heinrich, Dr., Direktor des Wolffschen Telegraphen-Bureaus, SW. Charlottenstr. 15b.

Marcotty, Franz, Kaufmann, Schöneberg-Berlin, Hauptstr. 140.

Marggraff, A., Stadtrat, C. Rosenthalerstraße 46/47.

Marggraff, Johannes, Apothekenbesitzer, C. Rosenthalerstr. 46/47.

Markfeldt, H. A., NW. Unter den Linden 48/49.

Martens, A., Prof., Geh. Reg.-Rat, Direktor der mechan.-techn. Versuchsanstalt, Groß-Lichterfelde West, Fontanestraße.

v. Martius, C. A., Dr., Direktor, W. Voßstraße 8.

Medinger, Paul, Chemiker, Charlottenburg, Leibnizstr. 79c.

von Mendelssohn-Bartholdy, E., Geh. Kommerzienrat, W. Jägerstr. 53.

v. Mendelssohn, Robert, Bankier, W. Jägerstraße 51.

Mengers, M., Fabrikbesitzer, SO. Köpenickerstraße 19/20.

Mengers, Walter, Fabrikbesitzer, W. Lennéstraße 9.

Mengers, P., Fabrikbesitzer, W. Karlsbad 28.

„Metallindustrielle Rundschau", Fachorgan für die Blech-, Metall-, Maschinen-, Werkzeug- u. Beleuchtungs-Industr., Installation u. Elektrotechnik, *Ludw. Ebner*, S. Prinzenstr. 26.

Meyen, H., & Co., Silberwarenfabrik, S. Sebastianstr. 20.

Meyer, Alexander, Dr. jur., Berlin-Friedenau, Fregestr. 66.

Meyer, C. W., Direktor, W. Neue Ansbacherstr. 7.

Meyer, Diedrich, Reg.-Baumeister, W. Charlottenstr. 43.

Meyer, Hermann, in Firma Emanuel Meyer, N. Prinzen-Allee 54/56.

Meyer, Paul, Dr., Ingenieur, N. Lynarstr. 5/6.

Michaelis, W., Dr., Cementtechniker, NO. Friedenstr. 19.

Mintz, Maximilian, Ingenieur, W. Unter den Linden 11.

Mittag, R., Ingenieur im Kais. Patentamt, Zehlendorf, Machnowerstr. 20.

Mohius, Th., Ingenieur und Königl. Hofzimmermeister, NW. Flensburgerstraße 7.

Möller, G., Dr., W. Friedrich Wilhelmstr. 19.

Moeller, J., Kommerzienrat, i. Fa. Moeller & Schreiber, NW. In den Zelten 6.

Masse, R., Verlagsbuchhändler, W. Leipziger-Platz 15.

Mueller, Otto H., Ingenieur, Direktor der Worthington Pumpen Compagnie A.-G. Berlin 2, C. Kaiser Wilhelmstraße 48/49.

Müller, Albert, Fabrikbesitzer, NW. Brücken-Allee 24.

Müller, Richard, Fabrikbesitzer, in Firma Schwintzer & Graff, S. Sebastianstraße 18.

Münch, Reinhold, Dr., Chemiker und Fabrikbesitzer, NW. Stromstr. 51.

„Nachrichtendienst" des Kuratoriums der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen i. Berlin, NW. Neustadtische Kirchstr. 9.

Naglo, E., Fabrikbesitzer, SO. Eichenstr. 2.

Digitized by Google

Nafs, Georg, Dr., Dozent an der Humboldt-Akademie und erster Assistent des anorganischen Laboratoriums der Königl. Technischen Hochschule, Charlottenburg, Uhlandstr. 3.

Necker, K., Fabrikant, i. F. Necker & Co., SO. Adalbertstr. 69.

Netter, Karl Leop., Fabrikbesitzer, i. F. Wolf, Netter & Jacobi, SW. Lindenstr. 5.

Neuberg, Ernst, Ingenieur, NW. Rathenowerstraße 24.

Neudeck, H., Fabrikbesitzer, C. Joachimstr. 3.

Neuhaus, H. J., Dr., Ministerialdirektor, W. Schaperstr. 33.

Neumann, Ferdinand, Kaufmann, SW. Leipzigerstr. 51.

Neumann, Georg, Patentanwalt, NW. Hannoverschestr. 1.

Nieberding, Exzellenz, Staatssekretär, W. Vofsstr. 4/5.

Nolte, J., Direktor, NW. In den Zelten 18a.

Oppenheim, Franz, Dr., W. Bellevuestr. 15.

Ostermann, J., Inhaber der Firma Sußmann & Wiesenthal, SW. Hagelsbergerstr. 53/54.

Otto, M., Kaufmann, Inhaber der Firma G. Bormann Nachf., C. Brüderstr. 39.

Pasch, M., Kgl. Hofbuchhändler, SW. Ritterstraße 50.

Paschke, Reg.-Rat a. D., Groß-Lichterfelde, Moltkestr. 14.

Pataky, C., Herausgeber und Eigentümer des „Metallarbeiter", S. Prinzenstr. 100.

Pataky, Wilhelm, Ingenieur, W. Rankestraße 5.

Peters, Th., Dr.-Ing., Baurat, Direktor des Vereins deutscher Ingenieure, W. Charlottenstr. 43.

Philipsthal, A., Kaufmann, W. Stülerstr. 13.

Pieper, C., NW. Hindersinstr. 3.

Pinkert, K., Telegr.-Direktor, Charlottenburg, Cauerstr. 35.

Pintsch, Jul., Kommerzienrat, O. Andreasstraße 72/73.

Pintsch, R., Geh. Kommerzienrat, O. Andreasstraße 72/73.

Pitsch, A., Fabrikbesitzer, Neuendorf und Berlin, W. Mohrenstr. 38.

Polytechnische Gesellschaft, W. Wilhelmstraße 92/93.

Posen, H., W. Unter den Linden 5.

Pufahl, O., Dr., Professor, W. Luitpoldstraße 9.

Rading, G., Mitbesitzer d. Fa. Henniger & Co., SW. Alte Jakobstr. 106.

Rakenius, C., in Firma Rakenius & Co., SW. Zimmerstr. 98.

Rasche, P., Hof-Steinmetzmeister, in Firma P. Wimmel & Co., Charlottenburg, Kantstr. 123.

vom Rath, A., Bankier, W. Victoriastr. 6.

Rathenau, E., Geh. Baurat, Generaldirektor der allg. Elektrizitäts-Gesellschaft, NW. Schiffbauerdamm 22.

Ravené, Louis, Kommerzienrat, C. Wallstraße 5.

Ravoth, M., Baumeister, W. Dörnbergstr. 7.

Reh, A., Bergwerksdirektor, Groß-Lichterfelde, Potsdamerstr. 23.

Reichenheim, J., Fabrikbesitzer, W. Rauchstraße 21.

Reimarus, C., Dr., Direktor der chemischen Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering), Charlottenburg, Knesebeckstraße 36.

Reinhold, H., Inh. d. Fa. Westphal & Reinhold, N Südufer 24/25.

Reuleaux, F., Prof. Dr., Geh. Regierungsrat, W. Ahornstr. 2.

Reufs, M., Geh. Bergrat u. vortr. Rat im Königl. Handelsministerium, W. Pariserstr. 3.

Rietschel, H., Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Königlich Technischen Hochschule, Grunewald b. Berlin, Bettinastr. 3.

Robolski, H., Geh. Reg.-Rat, Direktor im Kaiserlichen Patentamte, Friedenau, Saarstr. 19.

Rohrbeck, H., Dr., Kaufmann, NW. Karlstraße 24.

Rösing, B., Dr., Geh. Reg.-Rat, Groß-Lichterfelde, Gerichtstr. 9.

Digitized by Google

Rosenberg, Hermann, Generalkonsul und Geschäftsinh. der Berliner Handelsgesellschaft, W. Thiergartenstr. 19.

Rosier, P., Fabrikbesitzer, O. Schillingstraße 12.

Rudeloff, M., Professor und stellvertretender Vorsteher der mechanisch-techn. Versuchsanstalt in Groß-Lichterfelde West, Fontanestraße.

Rütgers, Jul., Kaufmann, W. Kurfürstenstraße 134.

Russell, E., General-Konsul, Geschäftsinhaber der Diskonto-Gesellschaft, Charlottenburg, Uhlandstr. 196.

Sarnow, Dr., Friedenau bei Berlin, Niedtstraße 25.

Sauerbrey, Hütteningenieur, Charlottenburg, Wallstr. 62.

Schadwill, Dr., Reg.-Rat im Kaiserlichen Patentamt, Friedenau bei Berlin, Handjerystr. 13.

Schaefer & Hauschner, Hoflieferanten, SW. Friedrichstr. 233.

Schaper, H., Hof-Goldschmied, W. Potsdamerstr. 8.

Schappach, Albert, W. Markgrafenstr. 48.

Schickler, Gebr., Bankiers, C. Gertraudtenstraße 16.

Schier, Julius, in Firma Eduard Dreisler, S. Ritterstr. 22.

Schimmelpfeng, W., in Firma Auskunftei W. Schimmelpfeng, W. Charlottenstraße 23.

Schimming, G., Direktor der Gasanstalten, NO. Am Friedrichshain 13.

Schirmer, R., Bildhauer, W. Schaperstr. 38.

Schlickeysen, C., Fabrikbesitzer, Rixdorf bei Berlin, Bergstr. 103.

Schloifer, E., Ingenieur, SW. Dessauerstraße 38.

Schmidt, C., H. H., W. Kleiststr. 37.

Schneevogl, O., Fabrikbesitzer, N. Pankstraße 19/20.

Schone, Dr., Exzellenz, General-Direktor der Königl. Museen, W. Thiergartenstraße 27a.

Schomburg, H., i. Fa. H. Schomburg & Söhne, NW. Alt-Moabit 95/96.

Schrader, K., Eisenbahn-Direktor a. D., W. Steglitzerstr. 68.

Schroder, Leopold Eugen, Dr. jur., Hofjuwelier, W. Leipzigerstr. 35.

Schultz, G. A. L., Zimmermeister, SO. Brückenstr. 13a.

Schulz, R., Marienfelde b. Berlin.

Schulze, F. F. A., Fabrikbesitzer, N. Fehrbellinerstr. 47.

Schürmann, Eduard, i. Fa. D. Vollgold & Sohn, SO. Köpenickerstr. 72.

Schwanitz, C., Fabrik techn. Gummiwaren, N. Müllerstr. 179 B.

Schwartzkopff, R., Fabrikbesitzer, N. Müllerstraße 172 A.

Schwafs, A., Bankier, Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 9 I.

Seel, Wilhelm, Direktor der Aktien-Gesellschaft für Gas-, Wasser- und Elektrizitäts-Anlagen, NW. Altonaerstraße 7.

Seligsohn, A., Dr., Justizrat, Rechtsanwalt und Notar, NW. Neustädt. Kirchstraße 11.

v. Siemens, A., Fabrikbesitzer,
v. Siemens, Carl H.,
v. Siemens, Wilh., Fabrikbesitzer. } SW. Askanischer Platz 3.

Simonis, E., Fabrikant, N. Oranienburgerstraße 38.

Sinell, Emil, Ingenieur, SW. Lindenstr. 16.

Slaby, Dr., Geh. Reg.-Rat, Professor an der Königl. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Sophienstr. 33.

Sorge, Richard, Ingenieur, Lankwitz, Mozartstraße 28–31.

Spatzier, A., Königlicher Kommissionsrat und Fabrikbesitzer, W. Potsdamerstraße 71.

Spengler, F., Ingenieur und Fabrikant, SW. Alte Jakobstr. 6.

Spindler, W., Farberei in Spindlersfeld.

Sponholz, M., N. Exerzierstr. 6.

Spontnagel, F., Fabrikbesitzer, N. Chausseestraße 97.

Digitized by Google

Sprenger, Dr., Geh. Ober-Reg.- u. vortr. Rat im Reichsamt des Innern, W. Eichhornstr. 6.

Springer, *Fried.*, Verlagsbuchhändler, N. Monbijouplatz 3.

Sputh, *E.*, Professor und Architekt, SW. Hedemannstr. 3.

Stäckel, *Albert*, Bankier, W. Vofsstr. 6.

Stavenhagen, *A.*, Dr., Prof. an der Königlichen Bergakademie, Grunewald bei Berlin, Humboldtstr. 5.

Stephan, *O.*, Rentier, W. Wilhelmstr. 44.

Stercken, *W.*, Kaiserlicher Regierungs-Rat, Groß-Lichterfelde, Bismarkstr. 6.

Sterzel, *Carl*, in Firma Schulz & Sackur, SW. Wilhelmstr. 121.

Stimming, *Max*, Inhaber der Fa. Stimming & Venzlaff, W. Lietzenburgerstr. 2.

Stock, *R. & Co.*, SO. Zeughofstr. 6/7.

Stoll, *E.*, Regierungs-Rat und Mitglied des Kais. Patentamts, Groß-Lichterfelde, Bellevuestr. 14.

Stücklen, *Hermann*, Fabrikbesitzer, in Fa. Gebr. Heyl & Co., Charlottenburg.

Sy, *A.*, i. Fa. Sy & Wagner, Hof-Goldschmied, W. Kronenstr. 28.

Tannenbaum, *Pariser & Co.*, Fabrikbesitzer, C. Spandauerstr. 72.

Technische Bureau der Aktiengesellschaft *„Lauchhammer“*, W. Leipzigerstr. 109.

Techow, Königl. Baurat, Steglitz - Berlin, Kaiser Wilhelmstr. 14.

Tessmer, *R.*, Zeitungsverleger, SW. Charlottenstr. 84.

Treitel, *L.*, Dampfmühlenbesitzer, SW. Alte Jakobstr. 20.

Valentin, *Julius*, W. Rauchstr. 7.

von Velsen, *Gustav*, Oberberghauptmann, Ministerial-Direktor i. Ministerium für Handel und Gewerbe, W. Kurfürstendamm 224.

Venzky, *A.*, Kommerzienrat, Fabrikbesitzer, i. Fa. Stadion, Brecht & Co., SW. Krausenstr. 39.

Verein für die Rübenzucker-Industrie, NW. Rathenowerstr. 104.

Verein „Hütte“ in Charlottenburg, NW. Bachstr. 4.

Vereinigte Königs- und Laurahütte, W. Französischestr. 60/61.

Vogel, *Otto*, Fabrikant für Brauerei- und Kellerei - Utensilien, O. Andreasstraße 37.

Vorstand des Verbandes deutscher Müller u. Mühlen-Interessenten, W. Bülowstraße 100.

Wachler, Dr., Oberbergrat a. D., W. Fasanenstr. 96.

Wagner, *Max*, Patentanwalt, NW. Schiffbauerdamm 29a.

Wallich, *Hermann*, Konsul, W. Bellevuestraße 18a.

Wedding, *H.*, Dr., Geh. Bergrat, Prof., W. Genthinerstr. 13, Villa C.

Wedding, *W.*, Geh. Reg.-Rat, W. Lützow-Platz 2.

Wedding, *W.*, Dr., Prof., Dozent a. d. Techn. Hochschule, Gr.-Lichterfelde Ost 1, Wilhelmstr. 2.

Wehage, *H.*, Prof., Dozent a. d. Kgl. Techn. Hochschule, Reg.-Rat und Mitglied des Kaiserl. Patentamts, Friedenau-Berlin, Menzelstr. 33.

Weigelt, *C.*, Dr., Direktor und Professor, NW. Dorotheenstr. 60.

Weigert, *M.*, Dr., Stadtrat, W. Kielganstr. 2.

Weigert, *Paul*, W. Kurfürstendamm 36.

Weitzmann, *Theodor*, Fabrikbesitzer, Zehlendorf, Grunewaldstr. 3.

Wentzel, *Otto*, Generalsekretär, W. Sigismundstr. 4.

Werner, *J. H.*, Hof-Juwelier Sr. Majestät des Kaisers u. Königs, W. Friedrichstraße 173.

Westphal, *M.*, Civil-Ingenieur, N. Oranienburgerstr. 23.

Wichelhaus, *W.*, Dr., Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Universität, NW. Bunsenstraße 1.

Wilhelm, *Hermann*, Geh. Reg.-Rat und Abteilungsvorsitzender im Kaiserlichen Patentamte, NW. Spenerstr. 10 III.

Digitized by Google

Wille, M., Regierungsrat und Mitglied des Kaiserlichen Patentamts, Halensee, Georg Wilhelmstr. 18/19.

Wilm, Paul, Königl. Hof-Juwelier, in Firma H. J. Wilm, C. Jerusalemerstr. 25.

Windler, Georg, } Fabrikbesitzer,
Windler, Max, } N. Friedrichstr. 133 a.

Winkelmann, C., Fabrikbesitzer, NW. Alt-Moabit 91/92.

Winkler, Siegfried, Hüttendirektor i. Berlin, W. Markgrafenstr. 53/54.

Wirth & Co., Patentanwälte, NW. Luisenstraße 14.

Witt, O. N., Dr., Geh. Regierungsrat, Professor an der Königlich Technischen Hochschule, NW. Siegmundshof 21.

Witte, F., Maschinenfabrikant, SW. Schönebergerstr. 4. Wohnung: Kaiserin Augustastr. 71.

Wolde, G., Ingenieur, i. Fa. O. Titel & Wolde, N. Schwartzkopffstr. 17 I.

Wolff, Georg, Direktor der Berliner Bleiche, Färberei und Druckerei Oberspree, A.-G., Gr.-Lichterfelde, Marienstr. 3.

Wolff & Glaserfeld, N. Zehdenickerstr. 12 b.

Zeifs, Aug., Kommerzienrat, Inhaber der Firma Zeifs & Co., W. Leipzigerstraße 126.

Ziebarth, Geh. Regierungsrat, Mitglied des Kais. Patentamts, NO. Keibelstr. 4.

Zimmermann, C., Holzhändler, W. Rauchstraße 26.

Zuckermandel, L., W. Jägerstr. 59/60.

Auswärtige Mitglieder.

Aachener- und Münchener Feuer-Versicherungs-Gesellschaft in Aachen.

Albe, E., Professor Dr., in Jena.

Aktien-Gesellschaft Bremerhütte i. Kirchen, Bez. Coblenz.

Aktien-Gesellschaft für Brückenbau, Tiefbohrung und Eisenkonstruktionen in Neuwied a. Rh.

Aktien-Gesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau, vorm. J. C. Harkort in Duisburg.

Aktien-Gesellschaft f. Kartonagen-Industrie in Dresden.

Aktien-Gesellschaft Lauchhammer in Gröditz bei Riesa.

Aktien-Gesellschaft Lauchhammer in Lauchhammer.

Aktien-Gesellschaft Lokalbahn Gotteszell-Viechtach in Viechtach in N.-Bayern

Aktien-Gesellschaft Schalker Gruben- und Hütten-Verein in Gelsenkirchen.

Aktien-Gesellschaft Schalker Gruben- und Hütten-Verein, Zweigniederlassung Duisburg in Duisburg.

Aktien-Gesellschaft Siegener Dynamit-Fabrik in Förde bei Grevensbrück.

Aktiengesellschaft für Uhrenfabrikation in Lenzkirch.

Aktien-Glashütte St. Ingbert in St. Ingbert in Bayern.

Adt, Gebrüder, in Forbach i. Lothringen.

Alberti, Gebr., Maschinenspinnerei-Besitzer in Waldenburg.

Albrecht, Fritz, Fabrikbesitzer in Neuhaldensleben.

Alexander-Katz, B., Dr., Inhaber des Patent- und techn. Bureaus Richard Lüders in Görlitz.

Allensteiner Maschinenfabrik und Eisengießerei Beyer & Thiel in Allenstein O.-Pr.

Firma *Althaus, Pletsch & Co.* in Attendorn.

Andreae, V., Prokurist der Firma Jung & Simons in Schedewitz b. Zwickau in Sachsen.

Annener Gußstahlwerk-Aktien-Gesellschaft in Annen.

Anthon & Söhne, in Flensburg.

Architekten- und Ingenieur-Verein in Lübeck.

Armbrüster, Gebr., in Frankfurt a. M.

Haupt-Artillerie-Werkstatt in Deutz.

zed by Google

Königl. Bayerische Artillerie-Werkstätten München.
Haupt-Artillerie-Werkstatt in Spandau.
Direktion der Kaiserlichen Artilleriewerkstatt in Straßburg i. E.
Auer, E. W., Direktor der Anglo-Swiss cond. Milk Co. — Fabrik Rickenbach bei Lindau-Bayern.
Bach, C., Kgl. Württemberg, Baudirektor und Prof. des Maschinen-Ingenieurwesens an der Technischen Hochschule Stuttgart.
Badische Anilin- und Soda-Fabrik in Ludwigshafen a. Rh.
Gräfl. v. Ballestrem'sche Güter-Direktion in Ruda.
Bandhauer, O., Direktor der Westdeutschen Versicherungs-Aktien-Bank i. Essen.
Bartels, C., Söhne, Maschinenfabrik u. Eisengießerei in Oschersleben.
Barthels, Ph., in Barmen.
Basse & Selve, in Altena.
Baude, Hermann, Direktor der Wilamowitz-Uehring'schen Zuckerfabr. in Szymborze bei Montwy.
Firma Gebr. *Bauer*, Inhaber Konsul *Ernst Bauer* und *Otto Bauer* in Breslau.
Bauermeister, L., zu Deutsche Grube bei Bitterfeld.
Baumgärtel, Ernst und *Otto*, in Firma E. C. Baumgärtel & Sohn in Langenfeld i. V.
Baur, H., Dr., Berghauptmann in Dortmund.
Königlich Bayrische General-Bergwerks- u. Salinen-Administration in München.
Bayerisches Portlandcementwerk Marienstein, Akt.-Ges. in Marienstein in Oberbayern.
Beckhaus, Friedr. Wilh., Eisengießerei und Maschinen-Fabrik in Boizenburg a. d. Elbe.
Beckmann, G., Direktor der Königsberger Zellstoff-Fabrik, A.-G. in Königsberg i. Pr.
Beckmann, Otto, in Godesberg.
Bedburger Wollindustrie Akt.-G. i. Bedburg.
Behl, A., in Quedlinburg.
Bemberg, J. P., Baumwoll-Industrie-Gesellschaft in Barmen-Rittershausen.
Benckiser, Dr. *August*, Inh. d. Firma Gebr. Benckiser, Eisenwerke in Pforzheim.
Benemann, Carl, Oberingenieur in Posen.
Benis, H., Chemiker in Wien.
Kgl. Sächs. Berg-Akademie zu Freiberg i. S.
Bergbau-Akt.-Ges. Ilse zu Grube Ilse N.-L.
Bergedorfer Eisenwerk in Bergedorf.
Bergischer Bezirksverein Deutscher Ingenieure in Elberfeld.
Bergischer Gruben- und Hütten-Verein in Hochdahl.
Kaiserl. Bergrevieramt Elsafs in Straßburg.
Bergische Werkzeug-Industrie, *Emil Spennemann* in Remscheid.
Fürstl. Bergverwaltung in Braunfels.
Bergwerks-Verein Friedrich-Wilhelmshütte in Mülheim a. d. Ruhr.
Bernhardt, F. A., Stückfärberei und Appretur-Anstalt in Zittau.
Bethcke, L., Geheimer Kommerzienrat in Halle a. S.
Bibliothek der Bergschule in Eisleben.
Bibliothek der Königl. Technischen Hochschule in Aachen.
Bibliothek der Herzogl. Techn. Hochschule in Braunschweig.
Allgemeine Bibliothek der Großherzoglich Techn. Hochschule in Darmstadt.
Bibliothek der Königlich polytechnischen Schule in Dresden.
Bibliothek der Stadt Elberfeld in Elberfeld.
Bibliothek der Universität in Göttingen.
Bibliothek der Technischen Hochschule in Hannover.
Bibliothek d. Großherzogl. Polytechnikums in Karlsruhe.
Bibliothek der Technischen Hochschule in München.
Bibliothek der Techn. Hochschulen in Prag.
Bibliothek der Königl. Technischen Hochschule in Stuttgart.
Kaiserl. Landes- u. Universitäts-Bibliothek in Straßburg i. E.

Digitized by Google

Königl. und Universitäts-Bibliothek in Königsberg i. Pr.
Bielefelder Maschinenfabrik, vorm. Dürkopp & Co. in Bielefeld.
Bienert, F., in Dresden-Plauen.
Bischoff, F., in Duisburg.
Bismarckhütte bei Schwientochlowitz O.-S.
Blanke, C. W. Julius, & Co., Fabrikbesitzer, in Merseburg.
Bode, Fr., Civil-Ingenieur in Dresden-Blasewitz.
Boecker-Philipp Sohn, Fr., in Hohenlimburg.
C. H. Böcking & Dietzsch, in Malstatt.
Böcking, Rud., Kommerzienrat in Hallbergerhütte bei Brebach a. d. Saar.
Böker, M., Kommerzienrat, Direktor der Bergischen Stahl-Industrie-Gesellschaft in Remscheid.
Böttinger, Henry T., Dr., Direktor der Farbenfabriken, vormals Fr. Bayer & Co. in Elberfeld.
Boldt & Vogel in Hamburg.
Bonner Bergwerks- und Hütten-Verein, Cementfabrik bei Obercassel bei Bonn.
Bracht, L., in Greiffenberg i. Schles.
Brauer, E., Prof. in Karlsruhe.
Brauer, Richard, i. Fa. A. Brauer in Lüneburg.
Brauns, H., Kommerzienrat, Gen.-Direktor in Dortmund.
Breiding, Carl & Sohn, in Soltau.
Brendler, J. T., in Reichenau in Sachsen.
Briegleb, Hansen & Co., Eisengießerei und Maschinenfabrik in Gotha.
Brinkmann, G. & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Witten a. d. Ruhr.
Bröfsling, C., Stadtrath in Breslau.
Brügmann, W., Gerant d. Aplerbeckerhütte in Dortmund.
Brune, Ernst, in Firma Brune & Kappesser Schrauben- und Mutternfabrik in Essen a. d. Ruhr.
Bruns, Gustav, i. Fa. J. C. C. Bruns, in Minden i. W.
Bücklers, Louis, in Düren a. Rh.
*Buderus*sche Eisenwerke in Wetzlar.
Bürgermeisteramt in Hagen i. Westf.
Bunte, H., Dr., Hofrat, Professor an der Techn. Hochschule in Karlsruhe.
Busch, H., Dr., Rechtsanwalt in Krefeld.
Calmon, Alfred, in Hamburg.
Calow, Th., in Bielefeld.
Canaris, C., Hüttendirektor, Niederrheinische Hütte zu Duisburg-Hochfeld.
Cardinal, Ew., in Brandenburg a. H.
Cassler, Johann, Kommerzienrat, in Firma Gebrüder Simon in Aue-Sachsen.
Centralstelle f. wissenschaftlich-technische Untersuchungen, G. m. b. H., in Neubabelsberg bei Potsdam.
Chemische Fabrik Griesheim – Electron Frankfurt a. M. in Griesheim a. M.
Claes, in Firma Claes & Flentje in Mühlhausen i. Th.
Firma *E. J. Clauss* Nachflg., Baumwoll-Feinspinnerei u. Zwirnerei in Plauen.
Commichau, Rudolf, in Firma Gebr. Commichau, Maschinen-Fabrik Magdeburg-Sudenburg.
Königl. u. Herzogl. Kommunion-Hüttenamt in Oker.
Concordia, Chemische Fabrik auf Aktien in Leopoldshall.
Continental Caoutschouc- und Guttapercha-Compagnie in Hannover.
Conze, G., Geh. Kommerzienrat in Langenberg i. Rheinl.
Cosack, Adolf, in Neheim a. Ruhr.
Firma *Cotty* Nachf., Teppichfabrik. Inhaber *Ernst Kaufmann* u. *Franz Sachs* in Sprunge.
Crefelder Straßenbahn-Aktien-Gesellschaft in Crefeld.
Crépin, E., Kaiserlicher Gewerberat in Colmar i. Els.
Danco, C., in Dortmund.
Fr. David Söhne, Schokoladenfabrik. Inhaber *Ernst David* in Halle a. S.
Delitsch, Gottfried in Edinburg.
Delius, C., Geheimer Kommerzienrat in Aachen.

Delmenhorster Linoleum-Fabrik, in Delmenhorst.
Deutsche Sprengstoff-Aktien-Gesellsch. in Hamburg.
Deutscher Beton-Verein in Biebrich a. Rhein.
Deutsch-Österreich. Mannesmannröhren-Werke in Düsseldorf.
Dickertmann, Gebr. in Bielefeld.
Dietrich, Oskar, i. Fa. Gebr. Dietrich in Weißenfels.
Aktien-Ges. *Fr. Dippe*, Maschinenfabrik in Schladen.
Direktion der Königl. Preuß. Baugewerkschule in Posen.
Königl. Bergwerks-Direktion zu Saarbrücken.
Königl. Direktion der Oberschles. Eisenbahn in Breslau.
Königl. Direktion der Pulverfabrik in Hanau.
Königl. Eisenbahn-Direktion Cöln.
Königl. Eisenbahn-Direktion in Elberfeld.
Königl. Eisenbahn-Direktion in Essen.
Königl. Eisenbahn-Direktion Frankfurt a. M.
Königl. Eisenbahn-Direktion Kattowitz in O.-Schl.
Königl. Eisenbahn-Direktion in Münster i. W.
Königl. Eisenbahn-Direktion St. Johann-Saarbrücken.
Direktion der Façoneisen-Walzwerk L. Mannstaedt & Co. Aktien-Gesellschaft in Kalk bei Köln.
Direktion des Feuerwerks-Laboratoriums in Siegburg (Rheinprovinz).
Direktion der Thüring. Eisenbahn-Gesellschaft in Erfurt.
Königl. Direktion der Ostbahn zu Bromberg.
Direktion der oberschles. Kokswerke und chem. Fabriken, Akt.-Ges., Gleiwitz.
Direktion der Akt.-Gesellsch. „Phönix“ in Laar bei Ruhrort.
Direktion der Ilseder Hütte in Gr. Ilsede b. Peine in Hannover.
Direktion der Aktien-Gesellschaft Peiner Walzwerke in Peine.
Direktion der technologischen Sammlung der Universität zu Halle a. d. Saale.
Direktion der Vereinigungs-Gesellschaft für Steinkohlenbau im Wurmrevier in Kohlscheid.
Döhner, E., in Firma H. D. Wilke Nachf., Letmathe.
Doeltz, Professor in Clausthal im Harz.
Donnersmarckhütte, Oberschlesisches Eisen- und Kohlenwerk in Zabrze.
Dornbusch, C., Fabrikbes. der Maschinenfabrik und Eisengießerei „Schlottwitz“ in Schlottwitz bei Dresden.
Drerup, M., Ingenieur in Beckum i. Westf.
Dresdner Dynamit-Fabrik, Aktien-Gesellschaft in Dresden.
Dresler's Drahtwerk, G. m. b. H., Creuzthal i. W.
Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover.
Dücker & Co., Betonbaugesellschaft in Düsseldorf.
Düsseldorfer Maschinenbau-Akt.-Gesellsch., vorm. J. Losenhausen in Düsseldorf-Grafenberg.
Duisburger Kupferhütte in Duisburg.
Dukas, D. J., Direktor der Akt.-Ges. für Bürsten-Industrie in Striegau in Schlesien.
Dunker, J. W., in Werdohl.
Dyckerhoff & Söhne, Fabrikbesitzer in Amöneburg bei Biebrich a. Rh.
Dynamit-Aktien-Gesellschaft, vormals *A. Nobel & Co.* in Hamburg.
Earnshaw, I. E. & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Nürnberg.
Eckermann, G., Oberingenieur des norddeutschen Vereins zur Ueberwachung von Dampfkesseln in Altona a. E.
Firma *Edler & Krische*, Geschäftsbücher-Fabrik in Hannover.
Eger, E., Inhaber der Harburger Salpeterfabrik in Harburg a. Elbe.
Ehrhardt, Geheimer Baurat in Düsseldorf.
Eichmann, Carl, in Züllichau.
Eicken & Co. in Hagen i. Westfalen.
Eidgenössiches Polytechnikum in Zürich.
Eiermann, M., Königl. bayer. Kommerzienrat in Fürth.

Digitized by Google

Eintrachthütte, Akt.-Gesellsch. in Eintrachthütte per Schwientochlowitz O.-Schl.
Eisenhütten- u. Emaillierwerk Tangerhütte — *Franz Wagenführ* in Tangerhütte.
Eisen-Industrie zu Menden u. Schwerte, Aktien-Ges. in Schwerte.
Eisenwerk Herminenhütte in Laband, O.-S.
Eisenwerke *Hirzenhain & Lollar*, Akt.-Ges. in Lollar-Oberhessen. Main-Weser-Hütte.
Eisenwerk vorm. Nagel & Kaemp, Aktien-Gesellschaft, in Hamburg.
J. F. Eisfeld, Pulver- und pyrotechnische Fabriken in Silberhütte-Anhalt, Post Harzgerode.
Elektrizitäts Akt.-Ges., vorm. W. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a. M.
Elektrizitäts-Gesellsch. Gelnhausen m. b. H. in Gelnhausen.
Elektrotechn. Fabrik Rheydt, Max Schorch & Co. in Rheydt.
Elmorés - Metall - Aktien - Gesellschaft in Schladern a. d. Sieg.
Engel, Bergwerks-Direktor in Miesbach in Oberbayern.
Engelcke, Max, in Firma Engelcke & Krause in Halle a. S.
Engelhardt, G., Fabrikbesitzer, Inhaber der Firma *G. Engelhardt & Co.* in Cassel.
Engelhorn, F., Mannheim-Waldhof.
Erbsälzer Kollegium zu Werl und Neuwerk.
Ergang, Otto, Fabrikbesitzer in Magdeburg.
Königlich Preußische höhere Fachschule für Textilindustrie (Webeschule) in Crefeld.
Kgl. Preuß. Fachschule für die Bergische Kleineisen- u. Stahlwaren-Industrie in Remscheid.
Farbenfabriken vorm. *Friedr. Bayer & Co.* in Elberfeld.
Farbwerke, vorm. *Meister Lucius & Brüning*, in Höchst a. M.
Farbwerk Mühlheim, vorm. *A. Leonhardt & Co.*, in Mühlheim a. Main.
Feistkorn, Fr. Otto, in Gera (Reuß).
J. Ferbeck & Co., Inhaber *C. Weishaar*, Fabrikschornsteinbau, Feuerungsanlagen und Fabrik feuerfester Produkte in Forst bei Aachen.
Feuer-Versicherungs-Anstalt der Bayr. Hypotheken- u. Wechselbank i. München.
Feuer-Versicherungsbank für Deutschland in Gotha.
Feustel, O., Fabrikbes. in Reichenbach i. Vogtl.
Fikentscher, Fr. Chr., in Zwickau.
Königl. Württemb. Finanz-Ministerium in Stuttgart.
Fischer, F., Dr., Professor in Göttingen.
Fitzner, R., in Laurahütte O.-S.
Fitzner, W., Königl. Kommerzienrat in Laurahütte, Ob.-Schles.
Flachsspinnerei *Meyerotto & Co.* in Suckau bei Neustädtel.
Flensburger Aktien - Brauerei - Gesellschaft in Flensburg.
Foerster, Direktor d. Zuckerfabrik i. Anklam.
Främbs & Freudenberg, Maschinenbauanstaltsbesitzer in Schweidnitz.
Fränkel & Co., Inhaber *Ad. Gustav Fränkel* in Leipzig-Lindenau.
Frankfurter Versicherungs-Gesellschaft Providentia in Frankfurt a. M.
Freienwalder Chamottefabrik Henneberg & Co. in Freienwalde a. O.
Freytag, A., in Haspe.
Friedenstein, Arnold, Dampfziegeleibesitzer in Beuthen O.-Schl.
Friedenthal, Ernst, in Friedenthal - Gießmannsdorf.
Friedheim, Dr., Prof., Direktor des anorgan. Laboratoriums der Universität Bern.
Friedlaender, Immanuel, in Neapel, Vornevo Via Luigia, San Felice.
Friedrichs, Robert, Dampfziegelei in Gotha.
Friemann & Wolf, Maschinenfabrik in Zwickau.
Friese Gebrüder, Mechanische Jute-Weberei in Kirschau bei Schirgiswalde i. S.
Fritzsche, jun., H., i. F.: Schimmel & Co. in Miltitz bei Leipzig.
J. Fröhlich & Ph. Baumkauff in Braunschweig.

Funcke & Elbers in Hagen i. W.
Füllner, H., in Warmbrunn.
Fürst, Dr., Geh. Oberbergrat, Berghauptmann, in Halle a. S.
Gasapparat- und Gußwerk-Aktien-Gesellschaft in Mainz.
Gasmotoren-Fabrik Deutz in Deutz.
Städt. Gas- und Wasserwerk in Worms.
Gastell, Gebrüder, in Mombach bei Mainz.
Gebhardt, Albert, in Thiengen, Amt Waldshut.
Gehrckens, C. O., in Hamburg.
Generaldirektion der Grafen *Hugo, Lazy, Arthur Henckel von Donnersmarck* in Carlshof bei Tarnowitz.
Generaldirektion der Königl. Württembergischen Staatseisenbahnen in Stuttgart.
Gerhardi, W., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Lüdenscheid.
Germania, Maschinenfabrik in Chemnitz.
Gesellschaft Prinz Leopold in Empel am Niederrhein.
Gesellschaft für Stahlindustrie mit beschränkter Haftung in Bochum.
Gesellschaft zur Beförderung der Künste und nützlichen Gewerbe in Hamburg.
Gewerbehalle in Kassel.
Gewerbekammer in Bremen.
Gewerbekammer zu Lübeck.
K. k. technologische Gewerbe-Museum in Wien.
Gewerbliche Tagesschule in Aachen.
Großherzogl. Centralstelle für die Gewerbe in Darmstadt.
Königl. Centralstelle für Gewerbe und Handel in Stuttgart.
Central-Vorstand des Gewerbevereins für Nassau in Wiesbaden.
Gewerbeverein für Aachen, Burtscheid und Umgegend in Aachen.
Gewerbeverein in Dortmund.
Gewerbeverein in Dresden.
Gewerbeverein in Elbing.
Gewerbeverein in Erfurt.
Gewerbeverein in Gera.
Gewerbeverein in Waldenburg i. Schl.
Gewerkschaft Gießener Braunstein-Bergwerke vorm. Fernie in Gießen.
Gewerkschaft Ludwig II in Staßfurt.
Gewerkschaft Quint zu Quint bei Trier.
Firma *Gilardoni Frères* in Altkirch i. Els.
Firma *G. A. Glafey* in Nürnberg.
Goebel, F., Dr., Betriebsdirektor der vereinigten Ultramarin-Fabriken, vorm. Leocikus, Zeltner & Co., Akt.-Ges., in Cöln a. Rh. Betrieb Marienberg bei Bensheim (Hessen).
Göpfert, in Firma Schreiber & Neffen, Glasfabrik in Zay-Ugrocz in Ungarn.
Goldschmidt, K., Dr., Fabrikbesitzer in Essen a. d. Ruhr.
Goslich, Dr., in Stettin.
Gottlob, S., in Pilsen.
Gräflich Rittbergsches Eisenhüttenwerk Wilhelminenhütte in Modlau.
Grau, Bernhard, Hüttendirektor des Gräflich Guido Henkel Donersmarckschen Koks- und Eisenwerks „Kraft“ in Kratzwieck bei Stettin.
Grillo, J., Kommerzienrat in Düsseldorf.
Firma *Nic. Grosman & Co.* in Kalscheuren, Post Köln a. Rh.
Grofs, W., in Heidelberg.
Grundhoff, Carl, Bergwerksdirektor in Meggen a. d. Lenne.
van Gülpen, M., in Mülheim a. Rh.
Güttler, H., Kommerzienrat, Besitzer des Arsenik-, Berg- und Hüttenwerks „Reicher Trost“ in Reichenstein in Schlesien.
Guilleaume, Th., Kommerzien-Rat in Köln a. Rhein.
Gußstahl-Werk Witten in Witten an der Ruhr.
Gutehoffnungshütte, Akt.-Verein für Bergbau u. Hüttenbetrieb in Oberhausen in Rheinland.
Haack, R., Baurat in Eberswalde.
Haase, Georg, Königl. Kommerzienrat und Brauereibesitzer in Breslau.
Hadfield, R. A., Hecla Works in Sheffield-England.

Digitized by Google

Haedicke, Direktor der Königl. Fachschule zu Siegen.
Hallström, F., Kommerzienrat, in Nienburg a. d. Saale.
Hammerfahr, E., Mitinhaber d. Firma: Gottl. Hammerfahr in Solingen-Foche.
Hammerstein, Carl, i. F. C. Robert Hammerstein in Merscheid, Rheinpr.
Handelskammer in Breslau.
Handelskammer zu Graudenz.
Handelskammer zu Kiel.
Handelskammer zu Köln.
Handelskammer zu Leipzig.
Großherzogl. Hessische Handelskammer in Offenbach a. M.
Handelskammer in Solingen.
Handels- und Gewerbekammer in Ravensburg-Württemberg.
Handels- und Gewerb-Verein in Potsdam.
Handwerkskammer Dortmund.
Haniel & Lueg in Düsseldorf-Grafenberg.
Härche, Rud., Bergwerksdirektor in Schweidnitz i. Schles.
Harkort, Johann Caspar, G. m. b. H. in Harkorten.
Harpener Bergbau Akt.-Ges. in Dortmund.
Harrafs, Max, Kommerzienrat, in Böhlen in Thüringen.
Hartmann, Ernst, Fabrikbesitzer in Langschede a. d. Ruhr.
Hartmann & Braun, Fabrikbesitzer in Bockenheim-Frankfurt a. M.
Hartung, W., Maschinen-Anstalt und Eisengießerei in Sulzbach, Kreis Saarbrücken.
Hasenclever, Moritz, in Remscheid.
Haſslacher, Geheimer Bergrat in Bonn.
Haubold, C. G., jr., in Chemnitz.
Hauschild, Max, in Hohenfichte i. S.
Heckel, G., Drahtseilfabrik in St. Johann-Saarbrücken.
Heckmann, Georg, Fabrikbesitzer in Duisburg-Hochfeld.
Heddernheimer Kupferwerk, vorm. F. A. Hesse Söhne in Heddernheim bei Frankfurt a. M.
Firma *J. Heilmann & Co.* in Mülhausen in Elsafs.
Heimberger, Ludw., in Spremberg.
Hemmer, L. Ph., in Aachen.
Henckels, Alb. & E., in Langerfeld b. Barmen.
Henckels, J. A., in Solingen.
Henschel, Fabrikbesitzer in Cassel.
Firma *Hertwig & Co.*, in Katzhütte i. Thür.
Hertz, G., Direktor der Stader Saline, G. m. b. H. in Campe bei Stade.
Herzfeld & Victorius, in Graudenz.
Herzogl. Sächsisches Staats-Ministerium in Gotha.
Firma Gebr. *Heubach* in Lichte bei Wallendorf, S.-M.
Heumann, F., in Firma L. Steinfurt in Königsberg i. Pr.
Heyligenstaedt, L., in Gießen.
Heyn, J., Civilingenieur und Mühlenbaumeister in Stettin.
Hiby, Wilhelm, Fabrikbesitzer in Düsseldorf.
Hildebrand, G., in Weinheim, Baden.
Hilgenstock, G., Direktor in Dahlhausen an der Ruhr.
Himly, William, Fabrikdirektor in Nienburg.
Hittorf, W., Professor in Münster.
Hobrecker, F., in Hamm.
Höfert, J., in Magdeburg-Buckau.
Hoerder Bergwerks- und Hütten-Verein in Hoerde i. W.
Hoesch, Walter, in Kreuzau bei Düren.
Hövder & Dieckhaus in Papenburg.
Hoffmann, Oswald, in Firma August Hoffmann in Neugersdorf i. S.
Hoffmann, R., Kommerzienrat in Hirschberg i. Schl.
Hofmann, J. G., Fabriken-Kommissarius in Breslau.
„Hohenzollern", Aktien-Gesellschaft für Lokomotivbau, in Düsseldorf-Grafenberg.
Holzt, A., Professor, Direktor d. Technikums in Mittweida.
Holzmann, Philipp & Co., G. m. b. H. in Frankfurt a. M.
Hommel, H., in Mainz.

zed by Google

Hopmann, L., Maschinenfabrikant in Ehrenfeld-Köln.
Howaldt, Gebrüder, in Kiel.
Hoyermann, G., Fabrikbesitzer in Hannover.
Hubaleck & Co. in Weißenthurm a. Rh. bei Coblenz.
Hübner, E., Geh. Kommerzienrat, Inhaber der Firma Wegelin & Hübner in Halle a. d. S.
Huebner, R. A., in Schwarzburg i. Thür.
Hülsenberg, H. A., Fabrikbesitzer und Ingenieur in Freiberg i. S.
Huesmann, R., Metallgießereibesitzer in Hamburg.
Kgl. Württ. Hüttenamt in Wasseralfingen.
*Huldschinsky*sche Hüttenwerke, Akt.-Ges. in Gleiwitz-Bahnhof.
Hundhausen, J., Dr. in Zürich.
Hurlin, R., in Stargard i. P.
Isabellen-Hütte, G. m. b. H. in Bonn a. Rh.
Isphording, Ed., Mitinhaber der Firma Schnepper & Isphording, Dampfsägewerk u. Holzhandlung en gros in Hamm i. Westf.
Jaekel, A. T., Baumeister in Neusalz a. O.
Janke, Kaiserlicher Marine-Baurat a. D., Generaldirektor der Akt.-Gesellsch. Ferrum, vorm. Rhein & Co. zu Kattowitz-Zawodzie.
Janssen, William, Trikotwirkerei in Chemnitz i. S.
Jellinghaus, Th., in Camen.
Jentzen, Direktor des Thüringischen Technikums in Ilmenau i. Th.
Jolst, H., Bergdirektor in Gersdorf, Bezirk Zwickau.
Jüptner von Jonstorff, Hans, Baron, Prof. an der k. k. technischen Hochschule in Wien III. Reisnerstr. 37.
Jürgensen, R., Dr., Prag.
Junkers, H., Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.
Jute-Spinnerei und Weberei Hamburg, Harburg.
M. Kahn Söhne in Mannheim.
Kallab, F. V., Chemiker in Offenbach a. M.
Firma *Kalle & Co.*, Fabrik von Teerfarben und chem. Produkten in Biebrich a. Rhein.
Kanifs, A. W., in Wurzen i. S.
Kannengießer, Louis, Königl. Kommerzienrat in Mülheim a. d. Ruhr.
Kast, H., Prof. Dr., i. Karlsruhe-Mühlburg.
Kauffmann, Georg, Dr., Fabrikbesitzer in Wüstegiersdorf, i. Schles.
Vorsteheramt der Kaufmannschaft in Danzig.
Vorsteheramt der Kaufmannschaft in Königsberg i. Pr.
Kausch, Carl, Holzhändler in Neunkirchen bei Saarbrücken.
Keetman, Th., Vorstand der Duisburger Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft in Duisburg.
Keferstein, F. W., Papierfabrikbesitzer in Sinsleben bei Ermsleben.
Keil, Karl, Professor in Eltville a. Rh.
Kelemen Mano, Ingenieur u. Patentanwalt in Budapest.
Kick, Fr., Professor in Wien.
Gebrüder Kiefer, Baugeschäft in Duisburg a. Rhein.
Kiefselbach, C., i. Fa. Sack & Kiefselbach in Rath bei Düsseldorf.
Kircheis, E., Fabrikbesitzer in Aue.
Firma *Theodor Kirsch & Söhne* in Gehren in Thüringen.
Kisker, Ed., in Halle in Westf.
Klein, Dr., Landeshauptmann in Düsseldorf.
Klein, J., in Frankenthal.
Klemm, Max, Kommerzienrat in Forst i. d. L.
Gebr. Klingenberg in Detmold.
Klotz, C., Dr., in Höchst a. M.
Knövenagel, A., Maschinen-Fabrikant und Senator in Hannover.
Knopf, H., Dr., in Köln a. Rh.
Köchy, Professor in Aachen.
Köhler, Hermann, Nähmaschinenfabrikant in Altenburg i. S.
Koehlmann, C. A., Fabrikbesitzer in Ludwigshof bei Ahlbeck.

Digitized by Google

Kölnische Feuerversicherungs-Gesellschaft Colonia in Köln.
J. C. König & Ebhardt in Hannover.
Körting, Gebr., in Hannover.
Köster, Chr. Friedr., in Neumünster, Holst.
Koethe, Gustav, Direktor der Mitteldeutschen Kammgarnspinnerei und Färberei in Mühlhausen i. Th.
von Korn, Heinrich, in Breslau.
Wilh. Kramer & Co., Granitw. i. Jauer i. Schl.
Krantz, Hermann, Betr.-Direkt. in Augsburg.
Kratzsch, A., Fabrikant in Gera, Reuß.
Krause, G., Professor, Dr., in Köthen.
Krawinkel, Leopold, in Bergneustadt.
Kreiß, E., in Hamburg.
Krenzler, Gustav, Flechtmasch.-Fabrikant in Unter-Barmen.
Krey, Dr., Fabrikdirektor in Granschütz bei Weißenfels a. d. Saale.
Krieg, O., Papierfabrik-Direktor i. Eichberg.
Krimping, C., Ober-Ingenieur in Breslau.
Kröncke, C., Teilhaber der Firma Bremer Stuhlrohr-Fabrik Menck, Schultze & Co. in Bremen.
Kromschroeder, E., in Osnabrück.
Krueger, J. G., Inhaber der Elisabethhütte in Brandenburg a. H.
Krupp, Arthur, in Berndorf, Nied.-Oesterr.
Firma *Friedrich Krupp* in Essen a. Ruhr.
Firma *Friedrich Krupp-Grusonwerk* in Magdeburg-Buckau.
Kruppsches Stahlwerk, vormals Asthöwer & Co. in Annen.
Kruse, C. A., Fabrikbesitzer, Inh. der Fa. Kruse & Beyring in Unter-Barmen.
Küper, Geheimer Regierungsrat, Oberbürgermeister der Stadt Krefeld.
Küsel, W., Chemiker in Solvayhall bei Bernburg.
Kuhlo, R., Direktor der Armaturen- u. Maschinen-Fabrik, vorm. J. A. Hilpert in Nürnberg.
v. Kulmiz, Eugen, Rittergut- und Fabrikbesitzer in Firma Handelsgesellschaft C. Kulmiz zu Ida- u. Marienhütte, Post Saarau bei Breslau.
Kummer, E., Königl. Preuß. Ober-Bau-Direktor und Professor, Direktor der Technischen administrativen Hafen-Offizin zu Montevideo.
Fa. *Kummerlé, Emil*, in Brandenburg a. H.
Kurth, Paul, Reg.-Baumeister und Direktor der Aktien-Gesellschaft für Fabrikation von Eisenbahnmaterialien in Görlitz.
Kuß, Hermann, Fabrikbesitzer in Cottbus.
Kux, W., Nachf., Fabrikbes. in Halberstadt.
Ladewig, Max, Hüttendirektor a. d. Wien.
Laederich & Co., Kommanditgesellsch. a. A. in Mülhausen i. E.
Lahusen, Carl, in Delmenhorst.
Lambrecht, W., Fabrik meteorol. Instrumente in Göttingen.
Lange, A., in Auerhammer bei Aue in S
Langen, C. J., in Grevenbroich.
Leder, R., Fabrikant, i. Fa. Rudolph Leder, Hartgußwerk und Maschinenbauanstalt in Quedlinburg.
Lederfabrik Hirschberg, vorm. Heinrich Knoch & Co., in Hirschberg (Saale).
Ledermann, L., Königl. Kommerzienrat in Breslau.
Lefeld & Lentsch, Maschinenfabrik in Schöningen (Braunschweig).
Lehmann, C. F., Granitwerk-Besitzer in Striegau.
Lehmann, Heinrich, Geh. Kommerzienrat in Halle a. S.
Lehmann, L. B., Fabrikbesitzer in Firma J. M. Lehmann in Dresden-Löbtau.
Leistner, J. G., in Chemnitz.
Leistner, Rud., Architekt u. Mosaikfabrikant in Dortmund.
Leitzmann, Regierungs- und Baurat in Hannover.
Lemcke, E. R., Direkt. d. Preuß. höher. Fachschule f. Textil-Industrie in Crefeld.
Leppert, Rich., in Limbach i. Sachsen.
Leuchs, J. G., Chemiker in Mögelsdorf bei Nürnberg.
Leuner, O., Mechan. Institut in Dresden, Techn. Hochschule.

Lewicki, J. L., Geheimer Hofrat, Professor der Techn. Hochschule in Dresden.
Liebherr, C. H. & Co., in Breslau.
Lieu, Georg, Fabrikbesitzer, in Firma Peter Lieu in König i. O.
Lilliendahl, Thomas, Geschäftsführer d. Fa. J. G. R. Lilliendahl in Neudietendorf.
Linde, C., Dr., Professor an der Techn. Hochschule in München.
Lindemann, Otto, Amtsvorsteher in Westerwohld bei Nordhastedt in Holst.
Lindner, G., Professor in Karlsruhe i. B.
Lohmann & Soeding in Witten an der Ruhr.
Lokomotivfabrik Hagans in Erfurt.
Lommel, G., Inhaber der Firma Lommel & Nacke in Striegau.
Loß, Carl, Fabrikbesitzer in Wolmirstedt, Bezirk Magdeburg.
Lothringer Portland-Cement-Werke in Metz.
Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft in Lübeck.
Lübbers, H., Direktor der Akt.-Ges. für Maschinenbau und Eisenindustrie in Varel a. d. Jade.
Lüders, W., Fabrikbesitzer in Wernigerode.
Lürding, B. F., in Hohenlimburg.
Lützeler, Theodor, Röhren und Armaturen. Mülheim a. Rhein.
Maack, G., Maschinenfabrikbesitzer in Köln-Ehrenfeld.
v. Maffei, Hugo, Ritter, Reichsrat in München.
Magdeburger Straßen-Eisenbahn-Gesellschaft in Magdeburg.
Magdeburger Verein für Dampfkesselbetrieb in Magdeburg.
Maegdesprunger Eisenhüttenwerk i. Maegdesprung.
Magistrat der Königlichen Haupt- u. Residenzstadt Breslau.
Magistrat in Danzig.
Magistrat in Dortmund.
Magistrat in Frankfurt a. M.
Magistrat in Frankfurt a. O.
Magistrat in Kattowitz.
Magistrat der Königlichen Haupt- u. Residenzstadt Königsberg i. Pr.
Magistrat der Stadt Magdeburg.
Magistrat in Posen.
Maier, L., Fabrikbesitzer in Stuttgart.
Mannesmann, jr., R., Ingenieur in Remscheid.
Mansfeldsche kupferschieferbauende Gewerkschaft in Eisleben.
Marggraff, Carl, Fabrikbesitzer in Wolfswinkel bei Eberswalde.
Märkischer Bezirks-Verein deutscher Ingenieure in Frankfurt a. O.
Märkisch-Westfälischer Bergwerks-Verein in Letmathe.
Königin Marien-Hütte in Cainsdorf i. S.
Marthaus, A., in Oschatz.
Firma *M. Martin*, Maschinenfabrik und Eisengießerei in Bitterfeld.
Maschinenfabrik Baum in Herne in Westf.
Kgl. höhere Maschinenbauschule in Aachen.
Kgl. höhere Maschinenbauschule in Breslau.
Kgl. höhere Maschinenbauschule in Einbeck.
Maschinenbau-Anstalt Humboldt in Kalk bei Köln.
Königl. Maschinenbau- und Hüttenschule Duisburg.
Königl. höhere Maschinenbauschule i. Hagen.
Maschinenbauschule Magdeburg.
Maschinenfabrik Augsburg in Augsburg.
Maschinenfabrik „Deutschland“ in Dortmund.
Maschinenfabrik Gritzner, A.-G. in Durlach.
Massenez, J., General-Direktor in Wiesbaden.
Matthes & Weber, Aktien-Gesellschaft in Duisburg.
Mauser, P., Kommerzienrat in Oberndorf a. Neckar.
Mayer, Joh., in Köln a. Rh.
Mehler, C., Fabrikbesitzer in Aachen.
Meidinger, H., Dr., Hofr. u. Prof. i. Karlsruhe.
Meier, R., Direktor u. Ing. in Gerlafingen (Solothurn) Schweiz.
Aktien-Gesellschaft, vorm. *H. Meinecke*, Wassermesserfabrik und Werkstatt für Eisenkonstruktionen in Carlowitz bei Breslau.
Meinicke, Bergrat in Clausthal a. Harz.

Merkel & Kienlin in Eßlingen a. Neckar.
Merzenich, J., Tuchfabrikant in Aachen.
Messerschmidt, L. H., Fabrikbesitzer in Harburg a. E.
Methner, P., Kommerzienrat in Landeshut in Schles.
Meurer, G., Cossebaude bei Dresden.
Meyer, O., Direktor der Dortmunder Akt.-Gesellschaft für Gasbeleuchtung in Dortmund.
F. Meyer & Schwabedissen, Maschinenfabrik in Herford.
Meyer, O. E., Professor, Dr. in Breslau.
Meyer, Jos. L., in Papenburg.
Michels, Gustav, Geh. Kommerzienrat in Köln.
Michelsen, C. H., Direktor der Bremer Tauwerk-Fabrik, A.-G., vorm. C. H. Michelsen in Grohn-Vegesack bei Bremen.
Möhlau, F. & Söhne in Düsseldorf-Derendorf.
Möller, K. & Th., Maschinenfabrik in Kupferhammer b. Brackwede.
Möller, M., Prof. der Technischen Hochschule in Braunschweig, Geysostraße 1.
Mönkemöller, P., Ingenieur, in Firma Bonner Maschinenfabrik und Eisengießerei in Dottendorf bei Bonn.
Monforts, A., Maschinenfabrik in München-Gladbach.
Mook, Karl, in Eisenach.
Moschel & Zimmermann, Emaillirwerk in Angermünde.
Moses, J., in Bromberg.
Müller, Dr., Direktor der Portland-Cement-Fabrik Rüdersdorf in Kalkberge Rüdersdorf a. d. Ostbahn.
Müller, Gebr., in Mochenwangen b. Ravensburg i. Württemberg.
Müller & Co., in Görlitz.
Müller, Wilhelm, Inhaber der Firma J. Müller Wwe. in Gladenbach, Bez. Frankfurt a. M.
Münzner, F. A., in Obergruna bei Siebenlehn i. S.
Müser, Robert, Generaldirektor der Harpener Bergbau-Akt.-Ges. in Dortmund.
Mundlos, H. & Co., Nähmaschinenfabrik in Magdeburg-N.
Muthmann, W. & Sohn, in Elberfeld.
Naeher, J. E., Fabrikbesitzer in Chemnitz.
v. d. Nahmer, W., Generaldirektor, Besitzer des Alexanderwerks in Remscheid.
Naumann, A., Professor, Dr. in Gießen.
Nees, A. & Co., in Aschaffenburg.
Neukirch Fr., Civilingenieur und Maschinen-Inspekt. d. german. Lloyd i. Bremen.
Neumann, F. A., in Eschweiler.
New-York-Hamburger Gummi-Waaren-Compagnie in Hamburg.
Niethammer, A., Geheimer Kommerzienrat in Kriebstein bei Waldheim.
Nimax, Generaldirektor der Rensbacher Mosaik- und Platten-Fabrik, G. m. b. H., in Ransbach (Westerwald).
Nischwitz, Joh., in Niesky.
Noelle, Gebr., in Lüdenscheid.
Königl. Sächs. Baugewerken- und Tiefbauschule in Zittau.
Königl. Ober-Bergamt in Bonn.
Königl. Ober-Bergamt in Breslau.
Königl. Westfäl. Ober-Bergamt in Dortmund.
Königl. Ober-Bergamt in Halle a. d. S.
Königl. Ober-Bergamt in Klausthal.
Oberbilker Blechwalzwerk, G. m. b. H., in Düsseldorf-Oberbilk.
Königl. Sächs. Oberhüttenamt in Freiberg i. Sachsen.
Obermeyer, A., in Barmen-Rittershausen.
Oberschlesische Eisen-Industrie, Aktien-Gesellschaft für Bergbau u. Hüttenbetrieb in Gleiwitz.
v. Oechelhaeuser, W., Generaldir. in Dessau.
Oehler, K., Anilinfarben-Fabrik in Offenbach a. M.
Oppelt, Eugen, Direktor der Meißner Chamotte- u. Tonwarenfabrik, G. m. b. H., in Meißen.
Oschatz, F. L., in Meerane.
Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerk-Akt.-Gesellschaft in Osnabrück.

Ost, H., Dr., Professor an der Technischen Hochschule in Hannover.
Ostermann, T., in Meppen.
Oswald, Bergassessor a. D. in Coblenz.
Dr. *C. Otto & Co.*, G. m. b. H. in Dahlhausen a. d. Ruhr.
Otto & Schlosser, Baumeister in Meißen.
Pacher, Jos., Technischer Direktor d. Röhrenwerks von J. P. Piedboef & Co. in Düsseldorf, Graf Adolfstr. 87.
Paetsch, Theodor, Steingutfabrikant in Frankfurt a. O.
Papierfabrik Sacrau, G. m. b. H. in Czulow, Kreis Plefs.
Patzschke, Rud., Direktor der J. D. Weickertschen Piano-Filzfabrik in Wurzen.
Paul, D. F., Tuchfabrik in Lengenfeld i. V.
Petroleum-Raffinerie, vorm. Aug. Korff in Bremen.
Petry-Dereux, Dampfkesselfabrik in Düren.
Petschke, August, in Magdeburg.
Pfenning, C. A., in Barmen-Rittershausen.
Pflug, Friedrich, Fabrikant und Gutsbesitzer in Baltersbacherhof, Post Ottweiler.
Pforte, Ernst, in Firma Noblée & Thöre in Harburg a. d. Elbe.
Pick, S., Dr., Direktor der k. k. chem. Ammoniak-Sodafabrik in Szczązkowa i. Galizien.
Pinzger, L., Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.
Pohlig, J., Ingenieur, Allein-Konzessionär für den Bau Ottoscher Drahtseilbahnen in Köln.
Pohlschröder & Co., Dortmunder Geldschrank-Fabrik in Dortmund.
Polte, Ingenieur u. Fabrikbesitzer in Magdeburg-Sudenburg.
Polytechnischer u. Gewerbverein in Königsberg i. Pr.
Polytechnische Gesellschaft in Posen.
Polytechnische Gesellschaft in Stettin.
Polytechnischer und Gewerbeverein, Allenstein O.-Pr.
Polytechnischer Verein in Eberswalde.
Polytechnischer Verein in Neusalz a. d. Oder.
Polytechnischer Verein in Stralsund, p. Adr. Bibliothekar *G. Rüstig*, Jakobiturmstraße 11.
Polytechnischer Verein in Tilsit.
v. Pompéry, Elemér, Ingenieur und Mitglied des Kgl. ungarischen Patentamtes in Budapest.
Portland-Cement-Fabrik Blaubeuren, *Gebr. Spohn — Georg Spohn.*
Portland-Cement-Fabrik „Germania", Akt.-Gesellsch. in Lehrte.
Post, A., in Firma J. C. Post Söhne in Hagen-Eilpe i. W.
Precht, H., Dr., Direktor des Salzbergwerks Neu-Staßfurt-Löderburg b. Staßfurt.
Preibisch, R., Dr., in Reichenau b. Zittau.
Probst, A., Kommerzienrat in Immenstadt in Bayern.
Prüßing, Paul, Dr., in Schoenebeck a. d. Elbe.
Firma *William Prym*, G. m. b. H. in Stolberg (Rheinland).
Pulverfabrik Pniowitz, G. m. b. H. in Pniowitz i. O.-Schl.
Pyrkosch, Emil, Fabrikbes. und Stadtrat in Ratibor.
Pzillas, Maschinenfabrikant in Brieg.
Quellmalz, E., in Firma Sächs. Bankgesellschaft Quellmalz & Co. in Dresden.
Rabe, J. H., Stadtrat in Giebichenstein.
Radeberger Exportbierbrauerei in Pichelsdorf.
Rasselsteiner Eisenwerks-Gesellschaft in Rasselstein bei Neuwied.
Rath der Stadt Chemnitz.
Rather Dampfkesselfabrik, vorm. M. Gehre, Akt.-Ges. in Rath bei Düsseldorf.
Recke, O., Maschinenfabrikant und Reg.-Bauführer in Rheydt.
Königl. Regierung in Aachen.
Königl. Regierung in Arnsberg.
Königl. Regierung in Aurich.
Königl. Regierung in Düsseldorf.
Königl. Regierung in Gumbinnen.
Königl. Regierung in Koblenz.
Königl. Regierung in Köln.
Königl. Regierung in Lüneburg.

Digitized by Google

Königl. Regierung in Magdeburg.
Königl. Regierung in Merseburg.
Königl. Regierung in Münster.
Königl. Regierung in Schleswig.
Königl. Regierung in Stade.
Königl. Regierung in Stettin.
Fürstl. Lippesche Regierung in Detmold.
Reinecker, J. E., Werkzeugfabrikant in Chemnitz-Gablenz.
Reinhardt, G. E., Maschinenfabrik in Leipzig-Connewitz.
Reis, Julian, Dr., in Firma Gebrüder Reis, Kunstwollfabrik Heidelberg.
Reuther, Carl, Inhaber der Firma Bopp & Reuther in Mannheim.
Rexroth, F., in St. Johann a. Saar.
Rheiner Maschinenfabrik von Windhoff & Co. in Rheine i. W.
Rheinische Metallwaaren- und Maschinenfabrik in Düsseldorf.
Rheinische Linoleumwerke in Bedburg.
Rheinische Stahlwerke in Ruhrort.
Ribbert, Moritz, in Hohenlimburg.
Richter, C. F., in Brandenburg a. H.
Richter, Dr., Königlich Bayerischer Kommerzienrat in Rudolstadt.
*Riebeck*sche Montan-Werke, Aktien-Gesellschaft in Halle a. S.
Riedel, R., Geh. Kommerzienrat in Halle a. S.
Riefler, Cl., Fabrik mathemat. Instrumente in Nesselwang und München.
Rieppel, A., Dr., Kgl. Baurat und Fabrik-Direktor in Nürnberg.
Ritter, W., Maschinenbau-Anstalt in Altona.
Rittershaus & Blecher in Barmen.
Röchling, Carl, Kommerzienrat in Saarbrücken.
Röck, Anton, Kommerzienrat, Inhaber der Firma „Kristallglasfabrik Wilhelm Steigerwald pp." in Ludwigsthal, Bayern.
Röthe, F., Eisengießerei u. Maschinen-Bauanstalt von Hoddick & Röthe in Weißenfels a. S.
Rombacher Hüttenwerke in Rombach in Lothringen.
Rose, F., Dr., Professor an der Universität in Straßburg i. E.
Rositzer Zucker-Raffinerie i. Rositz (Sachsen-Altenburg).
Rofsbach, F. A., in Plauen i. Vogtl.
Rost, C. E. & Co., Maschinenfabrikbesitzer in Dresden.
H. Rost & Co., Guttapercha- und Gummiwaaren-Fabriken in Hamburg-Harburg.
Rube, Königl. Regierungs- und Gewerberat in Liegnitz.
Rückert, H., Direktor der norddeutschen Zucker-Raffinerie in Frellstedt in Braunschweig.
Rühmkorff, F. G., Fabrikbes. in Hannover.
Runge, Ph. O., Mitinhaber der Firma Max Frankel & Runge in Spandau.
Ruppert, O., Ingenieur in Essen an der Ruhr.
Rufs-Suchard & Co. in Lorrach in Baden.
Sachs, Conrad, Staniolfabrikant in Eppstein im Taunus.
Sachsenberg, Gebr., Fabrikanten in Rofslau.
Sächsische Gußstahlfabrik in Döhlen. Post Deuben bei Dresden.
Sächsischer Privatblaufarbenwerks-Verein in Niederpfannenstiel bei Aue im Erzgebirge.
Sächs.-Thüring. Portland Cement-Fabrik Prussing & Co. i. Goeschwitz S.W.
Salinenverwaltung der Saline Neusulza bei Stadtsulza.
Königl. Salzamt in Inowrazlaw.
Samson, Gustav, in Cottbus.
Sattler, W., Kaufmann und Fabrikunternehmer in Schweinfurt.
Sauer, Hans, Ingenieur, i. Fa. J. R. Sauer & Sohn, Gewehrfabrik in Suhl in Thüringen.
Sauerbrey, G., Maschinenfabrik, Kesselschmiede, Eisen- und Metallgießerei in Staßfurt.
Schacht, W., Fabrikant in Weißenfels an der Saale.
Schade, W., Fabrikbesitzer in Plettenberg i. W.

Schäfer, C., Dampfkesselfabrikant in Cörne b. Dortmund.

Schaeffer & Budenberg, Maschinen-Fabrik in Buckau b. Magdeburg.

Schelter, J. G., & Giesecke in Leipzig.

Schichau, F., Schiffsbauwerft in Elbing.

Schiffs- und Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vorm. Gebr. Schultz in Mannheim.

Schieß, E., Kommerzienrat in Düsseldorf-Oberbilk.

Firma *A. Schippan & Co.*, Düngemittel-Fabriken, Freiberg i. Sachsen — Staßfurt.

Freiherr *von Schleinitz*, Hauptmann a. D., Vorstand der Oberschl. Akt.-Ges. für Fabrikation von Lignose etc., Pulverfabrik Kriewald, Post Nieborowitz O.-Schl.

Schlesische Cellulose- und Papierfabriken, Akt.-Ges. in Cunnersdorf b. Hirschberg i. Schlesien.

Schlikker, F., Kommerzienrat, in Osnabrück.

von Schlittgen, Generaldirektor, Major a. D. in Marienhütte-Kotzenau in Schles.

Schlösser, A., in Firma Schlösser & Sohn in Elberfeld.

Schlutius, Johannes, Fabrikbesitzer in Karow i. Mecklenburg.

Schmidt, R., Baugewerkmeister in Saarbrücken.

Schmöle, R. & G., Messingwerk in Menden.

Schniewind, Heinrich, Geh. Kommerzienrat in Elberfeld.

Schoeller Alex. & Co., G. m. b. H. in Jülich.

Schoeller, Rudolf, in Düren.

Schoellersche Kammgarn-Spinnerei, Breslau.

Schönawa, A., in Hoffnungshütte b. Ratiborhammer, Ob.-Schl.

Schoenemann, L., Cigarrenfabr. i. Eschwege.

Schönfeld, Fr., Dr., Kommerzienrat in Düsseldorf.

Schöppe, O., Telegr.-Fabrikant in Leipzig.

Schott, F., in Heidelberg.

Schotte, Adolf, Fabrikbesitzer in Zörbig, Postbez. Halle a. d. S.

Schramberger Uhrfederfabrik, G. m. b. H., in Schramberg i. Württemberg.

Schröder, Emil, Kaufmann in Stettin.

Schroedersche Papierfabrik in Golzern i. S.

Schroers, Karl, Rhedereibesitzer in Duisburg.

Schuler, L., in Göppingen (Württemberg).

Schulte ter Hardt, Hermann, in Bottrop i. W.

Schulze, R., Königl. Maschinenbauschul-Direktor in Altona.

Schultz, C. H., Schaumwein-Fabrikant in Rüdesheim a. Rh.

Schürmann, Ed., Eisenwerk Coswig i. S.

Schütte, F., Fabrikbes. in Heisterholz a. Weser.

Schütz, G. A., Maschinenfabrik, Eisen- und Metallgießerei in Wurzen i. Sachsen.

Schwalbe, C. E., Spinnerei-Maschinenfabrik in Werdau i. S.

von Schwarz, J., in Nürnberg-Ostbahnhof, Fabrik für Gasbrenner aus Speckstein, Isolatoren und artistische Fayencen.

Schweig, Joseph, Glashüttenbesitzer in Weisswasser i. L.

Schweizer, Emil, Mitinhaber der Firma H. A. Erbe, Löffelfabriken in Schmalkalden in Thüringen.

Schwenk, E., Cementfabrik i. Ulm a. d. Donau.

Sehmer, Th., Maschinenfabrikant in Schleifmühle b. Saarbrücken.

Seiler, Christoph, Ingen. u. Theilh. d. Fa. Joh. Balth. Stieber & Sohn in Nürnberg.

Siber, Direktor in Bredow-Stettin.

Sieber, F., Ingenieur i. F. Schmeißer & Schulz, Fabrikbesitzer in Neustadt-Dosse.

Sieglen, F. W., Ingenieur in Liebenwalde i. M.

Siemens, Bergrat, Generaldirektor der Werschen-Weißenfelser Braunkohlen-Akt.-Ges. in Halle a. d. Saale.

Siemens, Fr., Dr., Fabrikbesitzer i. Dresden.

Sieverts, Rud., Inhaber der Hamburg-Bergedorfer Stuhlrohr-Fabrik in Bergedorf bei Hamburg.

Silesia, Verein chemischer Fabriken in Saarau i. Schles.

Simonis, Engelbert, Direktor der Königsbacher Brauerei, A.-G. in Coblenz.

Simons, Ludwig, Tuchfabrikbesitzer in Neumünster in Holstein.
Smreker, O., Ingenieur in Mannheim.
Sommerguth, Königlicher Eisenbahn-Bauinspektor, Königsberg i. Pr.
Sönneken, F., Schreibwarenfabrikant in Bonn-Poppelsdorf.
Specht, A., Ingenieur in Hamburg.
Speck, Johannes, mechan. Baumwoll-Weberei in Mühlhofen a. Bodensee.
Spiegelberg, Eduard, in Hannover.
Spohn, Gebr., in Ravensburg.
Sprengstoff-Aktien-Gesellschaft Carbonit in Hamburg-Nobelshof.
Springorum, Direktor der Vaterländ. Feuerversicherungs-A.-G. in Elberfeld.
Königl. Technische Staatslehranstalten in Chemnitz.
Staffel, Louis, Papierfabrikant in Witzenhausen.
Firma *Hermann Stärker* in Chemnitz.
Starcke, Carl, i. Fa. Rud. Starcke in Melle.
Steckner, Emil, Kommerzienrat, i. Fa. Reinhold Steckner in Halle a. d. Saale.
Steffens, H., Direktor in Glogau i. Schl.
Steinbeck, F., Fabrikbesitzer in Rostock.
Steinkohlenwerk Vereinigte Glückhilf-Friedenshoffnung zu Hermsdorf, Rg.-Bez. Breslau.
Steinle, O., in Quedlinburg.
Steinmüller, L. & C. in Gummersbach.
Steinsalzbergwerk Inowrazlaw, Abt. Sodafabrik, in Montwy bei Inowrazlaw.
Steinway & Sons, Pianofabrik in Hamburg.
Stettiner Chamotte-Fabrik, Akt.-Ges. vorm. Didier in Stettin.
Firma Gebr. *Stettner*, Papierfabrik in Düren i. Rheinland.
Stock, M., Inh. d. F. Stock & Rothermundt, Maschinenfabrik in M.-Gladbach.
Stoewer, Bernh., Fabrikbesitzer in Stettin.
Fürstl. Stolbergsches Hüttenamt zu Ilsenburg.
Stollwerck, P. J., in Köln.
Straus & Co., Bettfedernfabriken in Cannstadt in Württemberg.
Strobel, Eugen, in Leipzig.
Strobel, F. W., in Chemnitz.
Stroof, J., Dr., in Frankfurt a. M.
de Stuckle, Henry W., General-Direktor in Dieuze.
Stumm, Gebr., Hüttenbes. in Neunkirchen.
Sturm, Reinhold, Fabrikdirektor in Freiwaldau, Bez. Liegnitz.
Stutzer, Robert, Dr., Direktor der Zuckerfabrik Güstrow in Mecklenb.
Sudenburger Maschinenfabrik und Eisengießerei A.-G. in Magdeburg.
Sulzer, Gebr., in Winterthur.
von Swaine jr., Freiherr *Richard*, in Glücksbrunn bei Schweina, Sachs.-Mein.
Tänzler, Emil, Direktor in Delmenhorst in Oldenburg.
Teichert, Ernst, Ofen- u. Porzellanfabrikant in Cölln-Meißen.
Firma *G. H. Thyen*, Schiffsbau, Trockendock, Maschinenfabrik, Kesselschmiede in Brake (Oldenb.).
Thomafs, Carl, Fabrikbes. in Dresden-A.
Tiele-Winckler, Grat, in Moschen.
Toepffer, Albert Eduard, in Stettin.
Tonnar, F., Ingenieur in Dülken.
Traun, H., Senator, Dr., Inh. d. Harburger Gummi-Kamm-Cie. in Hamburg.
Treulerz, Hans, Ingenieur, Hannover.
Türck, Karl Wilh., Herausgeber u. Redakt. der deutschen Metall-Industrie-Zeitung in Remscheid.
Uebel, Gebr., mech. Weberei in Netzschkau i. V.
Uhlhorn jr., D., Ingenieur in Grevenbroich.
Uhlich, E., Inh. d. F. Bernsdorfer Eisen- u. Emaillirwerk in Bernsdorf (Ob.-L.).
Ulmann, R., Fabrikbesitzer, Hildesheim.
Undeutsch, H., Oberbergrat, Professor an der Bergakademie in Freiberg i. S.
Union-Akt.-Ges. für Bergbau, Eisen- und Stahl-Industrie in Dortmund.
Union Clock Company m. b. H. in Furtwangen.
Union-Gießerei *(A. Ostendorf)* in Königsberg i. Pr.

Unruh & Liebig, Maschinenbau-Anstalt in Leipzig-Reudnitz.
Usinger, F. J., Bau-Unternehmer in Mainz.
Utzschneider & Co. in Saargemünd.
Vater, Günther, in Firma Schäfer & Vater in Rudolstadt i. Thür.
Ventzki, A., in Graudenz.
Berg- und Hüttenmännischer Verein Oberschlesiens in Kattowitz, Ob.-Schl.
Technischer Verein in Frankfurt a. M.
Verein deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf.
Verein deutscher Zellstofffabrikanten in Altdamm b. Stettin.
Verein für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund in Essen a. d. Ruhr.
Verein f. Technik u. Industrie in Barmen.
Vereinigte Breslauer Oelfabriken - Aktien-Gesellschaft in Breslau.
Vereinigte Crummendorfer Quarzschieferbrüche, Lange, Lux und Oelsner in Riegersdorf, Kr. Strehlen i. Schl.
Vereinigte Fabriken landwirtschaftlicher Maschinen, vormals Epple & Buxbaum in Augsburg.
Vereinigte Gummiwaren-Fabriken Harburg-Wien, vorm. Menier, *J. N. Reithoffer*, in Hannover-Linden.
Vereinigte Köln-Rottweiler Pulver-Fabriken in Köln.
Vereinigte Köln-Rottweiler Pulverfabriken in Rottweil.
Vereinigte Thüringer Metallw.-Fabriken Akt.-Ges. in Mehlis in Thüringen.
Vereinigte Thüringische Salinen, vorm. Gleuck'sche Salinen-Akt.-Gesellsch. in Heinrichshall bei Köstritz.
Verein zur Förderung überseeischer Handelsbeziehungen in Stettin.
Verkaufs-Syndikat der Kaliwerke in Leopoldshall-Stafsfurt.
Villeroy & Boch, in Mettlach bei Trier.
Voegele, J., Fabrikbesitzer in Mannheim.
Vogt, J., Eisen- und Metallwerke in Niederbruch bei Maasmünster im Elsafs.
Voigt, O., Kommerzienrat, Fabrikbesitzer in Neuwerk bei Oelze.
Vollgold, Dr. *E.*, in Hüttenwerk Torgelow.
Vopelius, Dr. *M.* in Sulzbach bei Saarbrücken.
Vorstand d. Kommission für Förderung der Industrie u. Gewerbe des Industrie- und Kultur-Vereins in Nürnberg.
Vorster, Theodor, Dr., Direktor der chem. Fabrik Buckau, Aktien-Gesellschaft in Magdeburg.
Vorsteher der Kaufmannschaft in Stettin.
Wachtel, D., Masch.-Fabrikant in Breslau.
Währer, E., in Stetten bei Loerrach.
Waffenfabrik Mauser, Aktien-Gesellschaft, in Oberndorf am Neckar.
Wagner, Günther, in Hannover.
S. Wallach & Co., Bleicherei, Färberei, Druckerei u. Appretur i. Mülhausen.
v. Wallenberg-Pachaly, G., in Breslau.
Gebrüder *Wandesleben*, G. m. b. H., in Stromberger Neuhütte.
Wandsbecker Lederfabrik, Akt.-Ges. in Hamburg-Wandsbeck.
Warsteiner Gruben- und Hüttenwerke in Warstein.
Wartenberg, E., Fabrikbes. in Eberswalde.
Weber, F. M., Fabrikbesitzer in Weblitz-Schkeuditz.
Welsky, E., Dr., Kommerzienrat in Wüstewaltersdorf in Schles.
Weilerbacher Hütte in Weilerbach, Post Echternschebrück b. Trier.
Werder, Jakob in Nürnberg.
Wessel, C., Kommerzienrat in Bernburg.
„Westfälische Union", in Hamm, Westf.
Westfälischer Drahtindustrie-Ver. in Hamm.
Westfälische Stahlwerke in Bochum.
Westphal, Carl. in Langenfelde b. Hamburg.
Westphal, Gebrüder, Kellinghusen i. Holst.
*Wickings*che Hobel- und Sägewerke, G. m. b. H., in Düsseldorf.
Wicküler-Küpper, Brauerei-Akt.-Gesellschaft in Elberfeld.
Wieland & Cie., Messingfabrik in Ulm a. D.
Firma *W. Wiersdorff, Hecker & Co*, Zuckerfabrik in Gröningen bei Magdeburg.

Digitized by Google

Wiersdorff, Meyer & Co., Zuckerfabrik in Wegeleben.
Wihard, H. & F., in Liebau i. Schles.
„Wilhelmshütte", Aktien-Gesellschaft für Maschinenbau in Waldenburg.
Wilke, C. G., in Guben.
Firma *Hermann Windel* in Brackwede.
Winkler, Clemens, Dr., Kgl. Sächs. Geheimer Rat u. Professor a. D. in Dresden.
Firma *C. Jul. Winter* in Camen i. Westf.
Wirth, Edmund, Fabrikbes. in Sorau, N.-L.
Wislicenus, Dr. phil., Prof. d. Chemie a. d. Kgl. Sächs. Forst-Akademie i. Tharandt.
Wittenburg, E., in Erstein i. E.
Wolf, R., Kommerzienrat, Maschinenfabrikant in Magdeburg-Buckau.
Wolff, E., Fabrikbes. in Essen an der Ruhr.
Wolff, G., Geh. Regierungsrat, Dr., Gewerberat i. Straßburg i. Els.
Wolfrom, W., Ingenieur in Magdeburg-Wilhelmstadt.
Firma *Hermann Wünsches* Erben i. Ebersbach i. S.
Wüst, Fritz, Dr., Professor an der Königl. Techn. Hochschule in Aachen.
Wulff, Th., Ingenieur in Bromberg.
Wulff, Wilh., i. Fa. C. Wulff in Wriezen.
Wunder, J., in Nürnberg.
Wunder, G., Direktor der städt. Gasanstalten in Leipzig-Connewitz.
Wuppermann, H., in Pinneberg, Holstein.
Firma *Theodor Wuppermann*, Walzwerk u. Façonschmiede i. Schlebusch, Bahnhof b. Köln a. Rh.
Württemberg. Portland-Cement-Werk zu Lauffen a. Neckar.
Zahnräderfabrik Augsburg, vorm. Joh. Reuk, Aktien-Gesellschaft in Augsburg.
Zander, A. H., in Stettin.
Zeise, Th., in Ottensen.
Zimmerlin, Forcart & Co., Schappe-Spinnerei in Zell i. W., Baden.
Zschörner, P., in Blumenthal-Hannover.
Zuckerfabrik Alt-Jauer in Alt-Jauer.
Zuckerfabrik Frankenthal, Akt.-Ges. in Frankenthal (Pfalz).
Zucker-Raffinerie Hildesheim, G. m. b. H., in Hildesheim.
Zwirnerei und Nähfadenfabrik „Göggingen" in Göggingen, Bayern, Schwaben.

Digitized by Google

1904.

Der Technische Ausschuſs.

Vorsitzender: *Wirklicher Geheimer Rat C. Fleck*, Excellenz, Charlottenburg, Fasanenstraße 27 I.

Erster Stellvertreter: *Geh. Bergrat Professor Dr. H. Wedding*, W. 35, Genthinerstraße 13, Villa C.

Zweiter Stellvertreter: *Professor Dr. G. Kraemer*, W. 35, Flottwellstr. 7.

Mitglieder.

I. Abtheilung für Chemie und Physik.

Vorsitzender: **Frank, A.*, Dr., Chemiker, Charlottenburg, Berlinerstr. 26.

Schriftführer: **v. Knorre*, Dr., Professor, Charlottenburg, Goethestr. 82 III.

Behrend, M., Kommerzienrat, Charlottenburg, Hardenbergstr. 13.

**Beringer, E.*, Kommerzienrat, Charlottenburg, Sophienstr. 18.

Börnstein, E., Dr., Chemiker, W. 62, Maaßenstr. 34.

Bork, Geheimer Baurat, Mitglied der Königl. Eisenbahn-Direktion, Berlin SW. 46, Tempelhofer Ufer 28.

**Darmstädter, L.*, Dr., Fabrikbesitzer, W. 62, Landgrafenstr. 18a.

Elkan, Th., Dr., Chemiker, W. 62, Kurfürstenstr. 131 I.

Friedlaender, Immanuel, W. 10, Regentenstraße 8, z. Z. Neapel, Vomero Villa Luigia San Felice.

Heinecke, Dr., Geheimer Regierungsrat, NW. 23, Wegelystr.

Jeserich, Dr., Chemiker, Charlottenburg, Fasanenstr. 21 II.

**Kraemer, G.*, Dr., Professor, W. 35, Flottwellstr. 7.

**Landolt*, Dr., Geh. Regierungsrat und Professor, NW. 6, Albrechtstr. 13/14.

Leman, Dr., Professor, Mitglied der Physik. technischen Reichsanstalt, Groß-Lichterfelde W., Ringstr. 37.

**Liebermann*, Dr., Geheimer Regierungs-Rat, Professor, W. 10, Matthäikirchstraße 29.

**von Martius*, Dr., Fabrikbesitzer, W. 9, Voſsstr. 8.

**Möller, G.*, Dr., W. 10, Friedrich-Wilhelmstraſse 19.

Nolte, Generaldirektor, NW. 40, In den Zelten 18a III.

**Oppenheim, Fr.*, Dr., Direktor, W. 9, Bellevue-Straße 15 II.

Pufahl, Dr., Prof., W. 30, Luitpoldstr. 9.

**Rösing*, Dr., Geheimer Reg.-Rath, Groß-Lichterfelde (Anh. Bahn), Gerichtsstraße 9.

Sarnow, Dr., Friedenau, Niedtstr. 25.

**v. Siemens, A.*, Fabrikbesitzer, SW. 46, Askanischer Platz 3.

Sprenger, M., Dr., Geh. Ober-Regierungsrat und vortrag. Rath im Reichsamt des Innern, W. 9, Eichhornstr. 6 III.

Digitized by Google

von Velsen, Oberberghauptmann und Ministerialdirektor, W. 15, Kurfürstendamm 224.

**Wedding, W.*, Dr., Prof., Groß-Lichterfelde-Ost, Wilhelmstr. 2.

**Witt, O. N.*, Dr., Geh. Regierungsrat u. Prof., NW. 23, Siegmundshof 21 III.

Auswärtige Mitglieder.

Bunte, Dr., Geh. Hofrat, Professor, Karlsruhe.

Pick, Dr., Direktor der k. k. chemischen Ammoniak Sodafabrik in Szczakowa in Galizien.

Precht, H., Dr., Direktor in Neu-Stalsfurt.

**Rose*, Dr., Professor in Straßburg im Elsaß.

Selve, Geh. Kommerzienrat in Altena i. W.

**Siemens, Fr.*, Fabrikbesitzer in Dresden.

Stroof, J., Dr., in Frankfurt a. M., Untermainkai 66.

Winkler, Clemens, Dr., Professor a. D., Königl. Sächsischer Geheimer Rat, in Dresden A, Terrassenufer 3 I.

II. Abtheilung für Mathematik und Mechanik.

Vorsitzender: **Wedding, W.*, Geh. Regierungs-Rat, Ingenieur, W. 62, Lützowplatz 2 II.
Schriftführer: **Stercken, W.*, Kaiserl. Regierungsrat a. D., Gr. Lichterfelde (Anhalter Bahn), Bismarckstr. 6.

**Beringer, A.*, Ingenieur, Charlottenburg, Sophienstr. 21.

Blanckertz, R., Fabrikbesitzer, NO. 43, Georgenkirchstr. 44.

**Blum, E.*, Direktor, NW. 87, Kaiserin Augusta-Allee 27.

Büsing, J., Baurat, Westend, Nufsbaum-Allee 1—3.

Busley, C., Geheimer Regierungsrat und Prof., NW. 40, Kronprinzenufer 2 pt.

**Cramer, R.*, Civil-Ingenieur u. Königl. Baurat, SW. 46, Königgrätzerstr. 101.

Feldert, Civil-Ingenieur und Patentanwalt, NW. 7, Dorotheenstraße 32.

Fischer, P., Kaiserl. Regier.-Rat, Charlottenburg, Orangenstr. 10.

**Freund*, Excellenz, Wirklicher Geheimer Rat, W. 62, Lutherstr. 19 I.

**Garbe*, Geheimer Baurat und Mitglied der Königl. Eisenbahn-Direkt. und des Kaiserl. Patentamts, SW. 46, Tempelhofer Ufer 28 III.

Gary, M., Prof., Ingenieur, Groß Lichterfelde West, Potsdamer-Chaussee.

**Gebhardt*, Fabrikbesitzer, Stralau, Seeweg.

Gentsch, Kais. Regierungsrat und Mitglied des Patentamtes, Charlottenburg, Grolmanstr. 39 III.

**Glaser, L.*, Regierungs-Baumeister a./D. und Patentanwalt, SW. 68, Lindenstr. 80.

Hartmann, W., Prof., W. 50, Augsburgerstraße 64 III.

**Herzberg*, Baurat und Ingenieur, W. 10, Margarethenstr. 1.

**Hoppe, P.*, Fabrikbesitzer, Westend-Charlottenburg, Eichen-Allee 14.

Holz, Emil, Ingenieur, W. 15, Uhlandstraße 171, 2.

Jäger, Geheimer Ober-Regierungsrat und vortragender Rat im Königl. Handelsministerium, Groß-Lichterfelde, Ringstraße 1.

**Jordan, P.*, Direktor, W. 10, Thiergartenstraße 26a.

**Kirchner*, Ingenieur, Steglitz, Postbezirk Friedenau, Fregestr. 52.

**Krause, M.*, Direktor und Baurat, N. 4, Chausseestr. 6.

**Ludewig*, Prof., Charlottenburg, Schillerstraße 110.

*Martens, A., Geh. Regierungsrat, Prof., Groß-Lichterfelde-West, Fontanestr.

Neuberg, E., Ingenieur, NW. 23, Klopstockstraße 21.

*Peters, Dr. ing., Baurat, NW. 7, Charlottenstr. 43 II.

Pintsch, J., Königl. Kommerzienrat, W. 10, Thiergartenstr. 4a I.

*Reuleaux, Dr., Prof., Geh. Regierungsrat, W. 62. Ahornstr. 2.

*Rudeloff, M., Prof., Groß-Lichterfelde-West, Fontanestraße.

Schimming, Direktor, NO. 43, Am Friedrichshain 13 I.

Schwartzkopff, R., Fabrikbesitzer, N. 39, Müllerstr. 172a.

v. Siemens, W., Fabrikbesitzer, SW. Askanischer Platz 3.

*Slaby, Dr., Prof., Geh. Regierungsrat, Charlottenburg, Sophienstr. 33.

*Wedding, Dr., Professor, Geh. Bergrat, W. 35, Genthinerstr. 13, Villa C.

*Wehage, Kaiserl. Regier.-Rat und Professor, Friedenau, Menzelstr. 33.

Wille, M., Kaiserl. Regierungsrat, Halensee, Georg Wilhelmstr. 18/19.

*van den Wyngaert, Direktor, W. 57, Bülowstraße 100.

Auswärtige Mitglieder.

Beckmann, Fritz, Königl. Kommerzienrat in Solingen.

*Böker, M., Direktor in Remscheid.

*Brauer, Prof. in Karlsruhe in Baden.

*Haack, R., Ingenieur und Königl. Baurat, Eberswalde, Schicklerstr. 1.

*Hafslacher, Geheimer Bergrat in Bonn.

*v. Oechelhaeuser, General-Direktor in Dessau.

III. Abtheilung für Kunst und Kunstgewerbe.

Vorsitzender: *Bertram*, Dr., Geheimer Regierungsrat und Professor, W. 57, Kurfürstenstr. 14 III.

Schriftführer: *Hertzer, Dr., Geheimer Regierungsrat, Professor, W. 30, Frobenstr. 14.

*Conrad, Königl. Münzdirektor, C. 19, Unterwasserstraße 2.

*Hoermann, Geheimer Bergrat, Prof., W. 50, Passauerstr. 41.

Sputh, E., Professor und Architekt, SW. 46 Hedemannstr. 3.

Sy, Alfred, in Firma Sy & Wagner, Hofgoldschmiede, W. 56, Werderstraße 7.

Wilm, P., Hof-Juwelier, C. 19, Jerusalemerstraße 25 II.

IV. Abtheilung für Manufaktur und Handel.

Vorsitzender: *Stephan, O., Rentier, W. 8, Wilhelmstr. 44.

Schriftführer: *Fischer, P.*, Kaiserl. Regierungsrat, Charlottenburg, Orangenstr. 10.

Alexander-Katz, Paul, Dr., Rechtsanwalt und Privatdozent, W. 8, Leipzigerstraße 39.

*Bleuck, Präsident des Königl. statist. Bureaus, SW. 68, Lindenstr. 28.

*Fleck, C., Excellenz, Wirkl. Geh. Rat, Charlottenburg, Fasanenstr. 27 I.

Genest, W., Ingenieur, Generaldirektor der Akt.-Ges. Mix & Genest, Groß-Lichterfelde O., Boothstr. 16 pt.

Digitized by Google

*Hartmann, K., Senatsvorsitzender im Reichsversicherungsamte, Geh. Regierungsrat und Professor, Charlottenburg, Fasanenstr. 29.

Hausmann, W., Justizrat, W. 10, Margarethenstr. 8.

Hauß, Wirklicher Geheimer Ober-Regierungsrat und Präsident des Kaiserlichen Patentamtes, NW. 6, Luisenstraße 32—34, oder W. 15, Uhlandstraße 167/168.

Henniger, M., Fabrikbesitzer in Neu-Weißensee b. Berlin.

Ide, H., Königl. Hoflieferant, NO. 55, Greifswalderstr. 134 u. 135.

Katz, Dr., *Edwin*, Justizrat, W. 8, Französischestr. 14 II.

Landau, S., Inhaber der Firma L. Simion Nf., SW. 48, Wilhelmstr. 121.

Lewinsohn, L., Ingenieur, Schöneberg, Motzstr. 34.

Möller, J., Kommerzienrat, NW. 40, In den Zelten 6.

Schomburg, H., Fabrikbesitzer, NW. 21, Alt Moabit 95.

Venzky, A., Kommerzienrat und Stadtrat, Fabrikbesitzer, W. 35, Schöneberger Ufer 22 pt.

Weigert, M., Stadtrat, Dr., W. 62, Kielganstr. 2.

Auswärtiges Mitglied.

Fürst, Dr., Berghauptmann in Halle a. S., Friedrichstr. 13.

*bedeutet ständige Mitglieder.

Kuratoren der v. Seydlitz-Stiftung.

1. Wirklicher Geheimer Rat *C. Fleck*, Excellenz, Charlottenburg, Fasanenstr. 27 I.
2. Geheimer Regierungsrat, Ingenieur *W. Wedding*, W. 62, Lützowplatz 2 II.

Kuratoren der Weber-Stiftung.

1. Präsident des Kgl. statist. Büreaus *Blenck*, Vorsitzender, SW. 68, Lindenstr. 28.
2. General-Konsul *Zwicker*, Schatzmeister, C. 19, Gertraudtenstr. 16.
3. Justizrat *W. Hausmann*, W. 10, Margarethenstr. 8.
4. Senatsvorsitzender im Reichsversicherungsamte, Geheimer Regierungsrat Prof. *K. Hartmann*, Charlottenburg, Fasanenstr. 29.
5. Rentier *O. Stephan*, W. 66, Wilhelmstr. 44.
6. Geh. Bergrat Professor Dr. *H. Wedding*, W. 35, Genthinerstr. 13, Villa C.

Digitized by Google

Bekanntmachung
über die Verleihung von Stipendien der Jubiläum-Stiftung.

Die von dem Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes verwaltete Jubiläum-Stiftung hat den Zweck, strebsamen jungen Technikern, Maschinenschlossern, Großmechanikern und dergl. die Ausbildung auf einer technischen Mittelschule, z. B. Fachschule für Mechaniker und Elektrotechniker bei der Handwerkerschule in Berlin, Königliche Technische Mittelschule in Dortmund, Fachschule für die Stahlwaaren- und Kleineisen-Industrie in Remscheid durch Gewährung von Stipendien zu erleichtern, welche 300 ℳ für das Jahr betragen und im Wege der Konkurrenz verliehen werden.

Für die Zeit vom 1. April d. Js. ab kann die Verleihung einiger Stipendien erfolgen. Bewerbungen sind bis zum 1. März d. Js. an das Bureau des Vereins — Charlottenburg, Berlinerstraße 151 — zu richten.

Der Bewerber hat nachzuweisen:

1. ein Lebensalter von nicht unter 18 und nicht über 26 Jahren,
2. die Befähigung zum Eintritt in die von ihm gewählte technische Mittelschule,
3. eine genügende praktische Ausbildung,
4. die Unterstützung der Bewerbung durch ein Mitglied des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes.

Das Stipendium wird für die Dauer des planmäßigen Unterrichts in der Schule verliehen. Es wird entzogen, wenn das halbjährlich einzureichende Zeugniß Fortschritte nicht erkennen läßt.

Berlin, im Januar 1904.

Der Verein zur Beförderung des Gewerbfleifses.

1904.

Verzeichnifs

der dem Verein als Frei- oder Tausch-Exemplare regelmäfsig zugehenden Schriften.

1. *Abhandlungen, Wissenschaftliche, der Physikalisch-technischen Reichsanstalt.* Berlin.
2. *Amtsblatt der Königl. Eisenbahn-Direktion zu Berlin.* Berlin.
3. *Amtsblatt der Königl. Eisenbahn-Direktion zu Stettin.* Stettin.
4. *Atti della R. Accademia dei Lincei.* Roma.
5. *Badische Gewerbezeitung.* Organ der Großherzogl. Landes-Gewerbehalle und der Badischen Gewerbevereine. Redigirt von H. Meidinger. Karlsruhe.
6. *Bayerisches Industrie- und Gewerbe-Blatt.* Hrsg. vom Ausschusse des polytechn. Vereins in München. München.
7. *Bericht über die Ergebnisse des Betriebes der für Rechnung des Preußischen Staates verwalteten Eisenbahnen.* Berlin.
8. *Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen.* Hrsg. vom Kaiserl. Patentamt. Berlin.
9. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.* Mulhouse et Paris.
10. *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.* Paris.
11. *Chemiker- und Ingenieur-Korrespondenz usw.* verbunden mit „Technische Sachverständigen-Zeitung". Hrsg. Dr. Werner Hefter. Berlin.
12. *Gewerbeblatt aus Württemberg.* Stuttgart.
13. *Gewerbeblatt für das Großherzogthum Hessen.* Darmstadt.
14. *Hannoversches Gewerbeblatt.* Hannover.
15. *Ingenieur, De.* Orgaan van het Kon. Institut van Ingenieurs. — Van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs. Hoofdredacteur: R. A. van Sandick. 18e Jaargang, 1903. 's-Gravenhage.
16. *Iron Age (The).* New-York.
17. *Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft.* 3. Jahrg., 1902. Berlin.
18. *Jahres-Berichte der Königl. Preuß. Regierungs- und Gewerberäte.* Berlin.
19. *Journal of the Franklin Institute etc.* Philadelphia.
20. *Maschinen-Konstrukteur, Der praktische.* Gesammtausgabe in Verbindung mit Uhland's Wochenschrift für Industrie und Technik. Hrsg. von W. H. Uhland. Leipzig, Berlin, Wien.
21. *Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet.* Udgivne ved Laboratoriets Bestyrelse Kjøbenhavn.
22. *Mitteilungen, Amtliche, aus den Jahres-Berichten der mit Beaufsichtigung der Fabriken betrauten Beamten.* Zusammengestellt im Reichsamt des Innern. Berlin.

23. *Mitteilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin.* Berlin.
24. *Mitteilungen aus dem Verbande deutscher Patentanwalte.* Herausgegeben vom Vorstand. Berlin.
25. *Moniteur Scientifique, Le.* Journal des sciences pures et appliquées etc. Fondé et dirigé par le Dr. Quesneville. Paris.
26. *Nachrichten für Handel und Industrie.* Zusammengestellt im Reichsamt des Innern. Berlin.
27. *Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.* Redaktion: H. Höfer und v. Ernst. Wien.
28. *Official Gazette, The, of the United States Patent Office.* Washington.
29. *Patentblatt.* Berlin.
30. *Polytechnisches Centralblatt,* Organ der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin. Berlin.
31. *Proceedings of the Royal Institution of Great Britain.* London.
32. *Repertorium der technischen Journal-Literatur.* Herausgegeben im Kaiserl. Patentamt Berlin.
33. *Report (Annual) of the Board of Regents of the Smithsonian Institution.* Washington.
34. *Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands, nach den Angaben der Eisenbahn-Verwaltungen bearb. im Reichs-Eisenbahn-Amt.* Berlin.
35. *Ratgeber, Gewerblich-Technischer.* Zeitschrift für Unfallverhütung, Gewerbehygiene und Arbeiterwohlfahrt, sowie für Einrichtung und Betrieb gewerblicher Anlagen. Hrsg. unter Mitwirkung des Vereins deutscher Revisions-Ingenieure von Gustav Fischer. Berlin.
36. *Technisches Centralblatt für Berg- und Hüttenwesen, Maschinen-Fabriken und das Baufach,* früher *„Der Gewerbefreund“.* Redakteur: Oskar Italiener. Berlin.
37. *Wochenschrift des Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins.* Wien.
38. *Zeitschrift des Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins.* Hrsg. vom Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Verein etc. Kattowitz.
39. *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.* Wien.
40. *Zeitschrift für angewandte Chemie.* Organ des Vereins deutscher Chemiker. Im Auftrage des Vereins herausgegeben von Prof. Dr. B. Rassow-Berlin.

Digitized by Google

II. Abhandlungen.

Die Windkraftmaschinen und ihre wirtschaftliche Bedeutung.

Von Regierungsrat W. Gentsch.

(Schlufs.)

Ueber die Verwendung der Windkraftmaschinen.

Im Jahre 1881 entwickelte W. Thomson in einem Vortrage in „The British Association“ verschiedene Pläne zu allgemeiner Verwertung der Windkraft und zwar handelt es sich hierbei darum, durch die Letztere Kraftsammler zu speisen, die eine regelbare Energiequelle abgeben sollten. Thomson wies auf Wassersammler zur Lieferung von Druckwasser hin und zog auch Druckluft-Akkumulatoren in den Kreis seiner Betrachtungen. In jedem Falle kam er jedoch nach seiner Meinung auf zu hohe Betriebskosten. Etwa 13 Jahre später hatte die Niederländische Gesellschaft zur Beförderung der Industrie ein Preisausschreiben erlassen, um die Lösung der Aufgabe anzuregen, die Windkraft mit Hilfe der Elektrizität für weitere Gebiete nutzbar zu machen. Wie das Wochenblatt de Ingenieur (1895) als Ergebnis dieses Ausschreibens dann mitteilte, hatte die Technik in diesem Falle ein geringes Interesse bekundet und die Schlufsfolgerungen ernst zu nehmender Erörterungen lauteten wegen der Größe der zu verwendenden elektrischen Sammler ungünstig.

Diese und ähnliche Erwägungen legten nun den Versuch nahe, festzustellen, in welcher Weise die Windkraft benutzt wird und werden kann und mit welchen Erfahrungen man in den verschiedenartigen Betrieben rechnen darf. Aus der Fülle von Stoff, der teils aus bekannt gewordenen Berichten, teils durch Umfrage gewonnen worden ist, möge im folgenden angeführt werden, was überzeugend für die wirtschaftliche Bedeutung der Windkraftmaschinen spricht und zu anderen Schlüssen berechtigt, als zu denjenigen, welche von der Allgemeinheit mit Unrecht gezogen werden. Schliefslich sprechen ja die praktischen Erprobungen zweckmäßiger Anlagen mit eindringlicherer Stimme, als Erörterungen rein theoretischer Natur.

Da in den englischen und amerikanischen Berichten eine Umrechnung der Zahlenwerte in das Dezimalsystem aus Gründen der Zweckmäßigkeit nicht erfolgt ist, sei einleitend bemerkt, dafs Wind von 1 engl. Meile i. d. Std. einem solchen von $0{,}_{477}$ m i. d. Sek. entspricht. Für die Windskala nach Beaufort ergiebt sich die Beziehung zu Geschwindigkeit und Druck nach Scott aus umstehender Tabelle:

Digitized by Google

Stärkegrad	Geschw. in m/Sek.	Druck in kg/qm
0	1	0
1	4	2
2	6	4
3	8	8
4	10	12
5	13	19
6	15	27
7	18	40
8	21	56
9	25	76
10	29	103
11	34	137
12	40	195

Um der geschichtlichen Entwickelung gerecht zu werden, soll auf die Mühlen zur Verarbeitung von Naturerzeugnissen zuerst eingegangen werden. Hierfür liegen einige Beispiele aus der neuesten Zeit vor.

In Ockerwitz bei Dresden bedient sich ein Gutsbesitzer seit rund 25 Jahren eines $3^1/_2$pferdigen Reinsch-Windrades zum Dreschen seiner gesamten Ernte; dabei wird abwechselnd eine Dreschmaschine, Schrotmühle und Häckselschneidemaschine betrieben. Zum Betriebe zweier Band- und zweier Kreissägen, einer Fräsmaschine und einer Hobelmaschine hat man in einer Fabrik in Moschwitz bei Greiz die Dampfmaschine mit Vorteil durch eine Windkraftmaschine (von Reinsch) ersetzt. Und in Grabow i. Meckl. entwickelt ein Rad von 13 m desselben Ursprunges bei 7 m Wind reichlich 18 PS für 1 bis 3 Mahlgänge.

Eine häufig ausgeführte Anordnung ist die, dafs das Windrad auf besonderem Gerüst aufgestellt und von der stehenden Welle direkt eine Transmissionswelle nach dem Arbeitshaus abgeleitet wird, während gleichzeitig oder je nach Bedarf eine Pumpe bedient wird. Es ist hierbei der Betrieb von landwirtschaftlichen Maschinen gedacht.

Eine Anlage zum Betrieb einer vollständigen Mühleneinrichtung ist im Innern Brasiliens (Rio Grande) zur Ausführung gekommen. Das Windrad hat 10,50 m Durchmesser und ist auf einem 16 m hohen eisernen Turm montiert. Es betreibt einen Unterläufer-Schrotgang mit franz. Steinen von 850 mm Durchmesser, Sichter (2 Prismacylinder von 850×3000 mm), ein komplettes Rüttelzeug, einen Doppelelevator, einen Steinkran u. a. nebst der Transmission. Die Arbeitsweise der Gesamtanlage hat sich nach den Mitteilungen des Auftraggebers gut bewährt.

Günstige Ergebnisse aus jahrelangen Betrieben stehen auch einer Müllereianlage zur Seite, welche von der U. S. Wind Engine & Pump Co. in Batavia (Ill., V. St. A.) für den Grafen Alfredo Fazioli in der Nähe von Ancona in Italien ausgeführt worden ist (Fig. 97). Es arbeitet hier ein Halladay-Rad von 40′ Durchmesser, welches bei einem Winde von 18 Meilen (engl.) in der Stunde 18 PS entwickeln soll. Und in Owatonna (Minn., V. St. A.) ist von derselben Firma ein Windrad von 60′ Durchmesser aufgestellt worden, das beim 18 Meilen-Wind 40 PS zum Betriebe einer gewöhnlichen Mahlmühle dient und anstandslos arbeitet.

Digitized by Google

Fig. 97.

Unter den französischen Müllerei-Anlagen scheinen mir die von Schabaver (Soc. An. des Ateliers de Construction et Fonderie de Castres) ausgeführten obenan zu stehen. Von einer derselben gibt Fig. 98 einen Längsschnitt und Fig. 99 einen Querschnitt wieder; die Bezeichnungen der Apparate und Maschinen sind entsprechend den

Digitized by Google

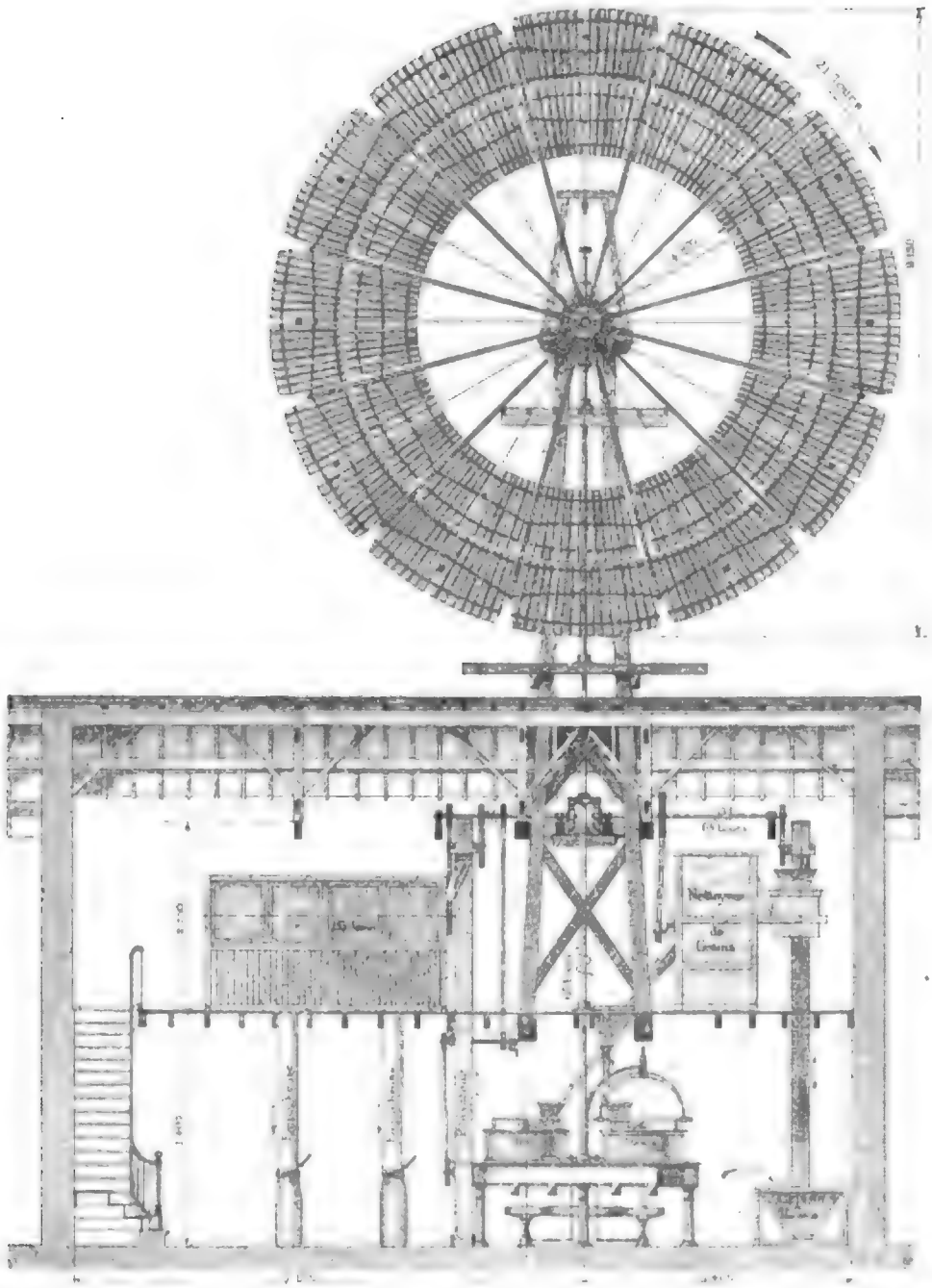


Fig. 18.

Digitized by Google

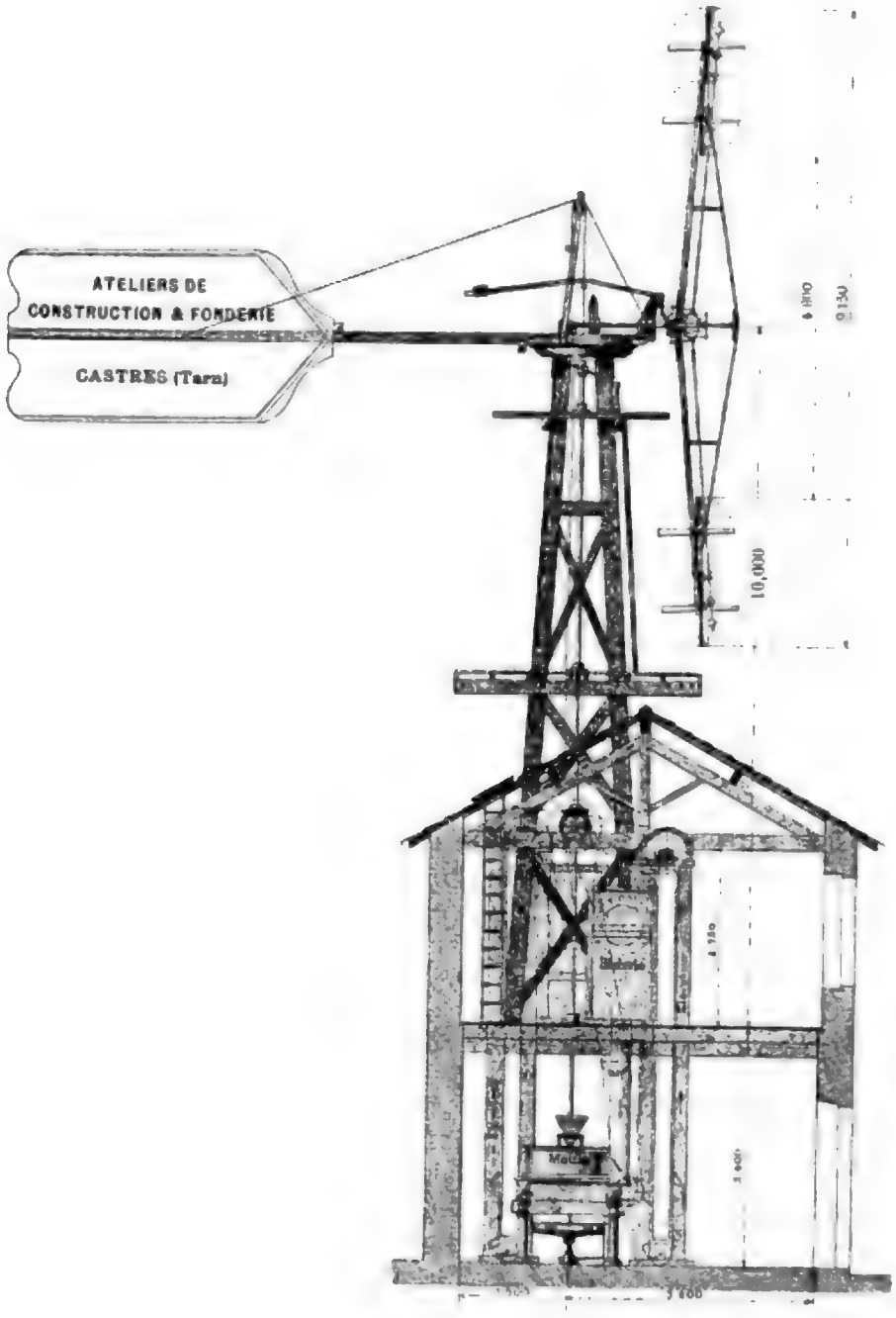


Fig. 99

Digitized by Google

mir zur Verfügung gestellten Zeichnungen in französischer Sprache belassen. Den Antrieb besorgt hier ein doppeltes Halladay-Rad von 9,150 m äußerem Durchmesser, das bei einem Wind von 7 m 8 PS leistet. Der hölzerne Radturm ist mit dem Gebäude fest verbunden. Das Rad soll normal 21mal in der Minute umlaufen, so dafs die stehende Welle infolge Kegelradübersetzung 65 Umdrehungen machen kann. Der Antrieb der Maschine erfolgt durch Riemen.

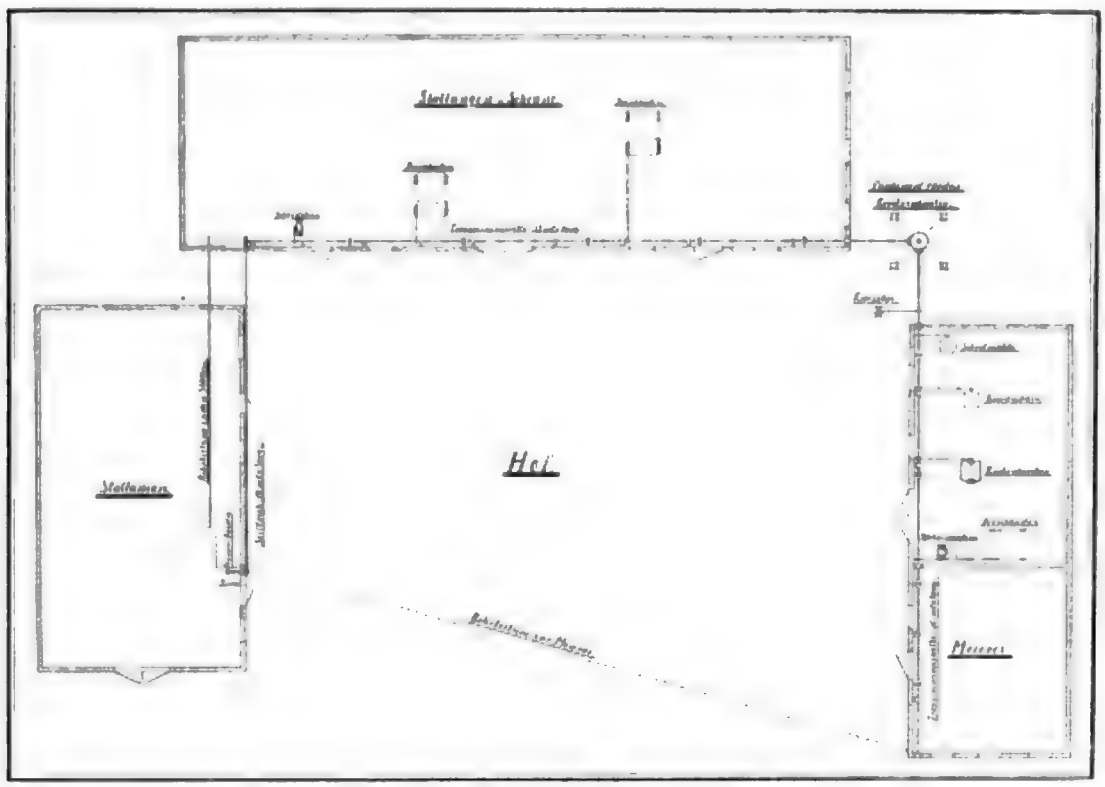


Fig. 100.

Die Maschinenfabrik Theodor Reuter & Schumann in Kiel benutzt ihre Kegel windmotore in den Größen von etwa $4^1/_2$ PS ab für den Betrieb von Müllerei- und landwirtschaftlichen Maschinen. So umfafst eine $4^1/_2$pferdige Anlage in Nordfriesland Schrotmühle, Dreschmaschine, Häckselmaschine und Butterfafs. Der Besitzer des Rittergutes Tropitten bei Neuhausen in Ostpreußen berichtet, dafs auf diesem Gute eine $4^1/_2$pferdige Anlage, deren Kosten einschließlich aller Transmissionen rd. 2000 ℳ betragen haben, eine Häckselmaschine und Schrotmühle Rapid (No. 2) mit Quetschvorrichtung betreibt. Es wird der für 22 Pferde erwachsende Gesamtbedarf an Häcksel geschnitten, an Hafer gequetscht, grobes Brotmehl für Hof und Leute geliefert und noch Häcksel und Quetschhafer zum Verkauf erübrigt. Auf einem Hofe in der Flensburger Föhrde ist die aus Fig. 100 im Grundrifs erkenntliche Anlage mit einem

igitized by Google

8pferdigen Kegelwindmotor getroffen. Dieser treibt 69,9 m Wellen- und rd. 18 m Drahtseilübertragung, die auf 3 Gebäude verteilt sind. Betrieben werden: eine Dreschmaschine, welche an drei verschiedenen Punkten an die Transmission angeschlossen werden kann, eine Häckselmaschine, ein Schrotgang von 1 m Durchm., ein Kuchenbrecher, eine Rapidmühle, eine Kreissäge, ein Schleifstein und eine Pumpe. Ein $9^1/_2$pferdiger Motor ist,

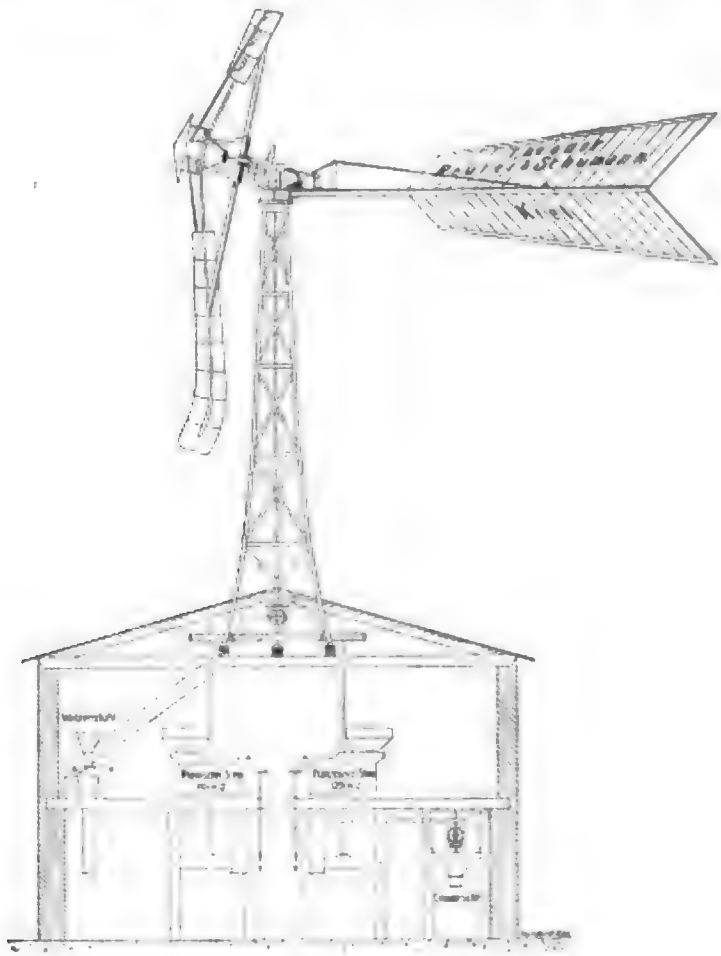


Fig. 101.

wie Fig. 101 ersehen läfst, für einen Walzenstuhl, zwei Mahlgänge von 1,1 und 1,2 m Stein-Durchm. und eine Sichtmaschine berechnet. In der Prignitz wurden bei einer solchen Anlage neben Sichtmaschine und Walzenstuhl zwei Mahlgänge von sogar 1,3 m Durchm. anstandslos betrieben. Ebenda bedient ein 15pferdiger Motor z. B. einen Schrotgang von 1,1 m, einen Mahlgang von 1,1 m, einen Spitzgang von 0,8 m Durchm., zwei Walzenstühle von 250 mm Durchm. und 400 mm Breite der Walzen, eine Aspiration, drei Sichtmaschinen mit Vorsichter, eine Bürstenmaschine mit Exhaustor, Sieb

und Trieur, fünf Elevatoren, eine vollständige Mahlmischmaschine und einen Fahrstuhl. Auch das Dreschen ist mit Vorteil ausgeführt worden. In Baurup im Sundewitt ist bei einer Holzsägerei und Tischlerei Windradantrieb (3 PS) vorgesehen und zwar für eine Bandsäge, zwei Kreissägen, eine Fraismaschine, eine Stemmmaschine und eine Horizontal-Gattersäge.

Eine der größten Windmühlen befindet sich in der Stadt Great Yarmouth[1]) (England), sie ist, abgesehen vom Windrade selbst, nach Art der Holländermühlen eingerichtet. Das Gebäude hat am Boden einen Durchmesser von 35', am Kopf einen solchen von 16'. Die Radachse sitzt 99' über Boden und das Windrad leistet bei einem Winde von 25 engl. Meilen i. d. St. 55 PS und verarbeitet leicht 120 Barrels Mehl in 24 Stunden.

Für die Bedürfnisse einer Farm im Südwesten von St. Louis wurde in den 70er Jahren ein 20'-Windrad aufgestellt[2]). Auf der Farm wurden jährlich gesät im Mittel 60 acr. (zu 160 Quadratruten) Hafer, 50 acr. Korn, 20 acr. Roggen, 10 acr. Buchweizen. Es ergab

Hafer im Mittel	30 Bushel	pro acr.	1800 B.
Korn - -	30 -	- -	1500 -
Roggen - -	20 -	- -	400 -
Buchweizen -	20 -	- -	200 -
Mahlgut für eigenen Bedarf u. a.			1000 -

Nach den Angaben des Farmbesitzers betrugen nun die Kosten bei Benutzung der Dampfkraft

für Getreidedreschen, Schälen und Futterschneiden	Doll. 285
- Holzsägen, 12½ Klafter	- 18
- Pumpen, täglich 1 Stunde, 365 Tage	- 36
- Buttern, - ½ - 200 -	- 10
- Waschen, ½ Tag in der Woche, 26 Tage . .	- 26
	Doll. 375

Für die Windkraft hingegen waren in Rechnung zu stellen:

16'-Windrad nebst Turm und Gestänge	Doll. 385
Zweipferdige Dreschmaschine	- 70
Dreipferdige Schälmaschine	- 38
Futterschneider	- 50
18zöll. Säge, Rahmen u. dgl.	- 40
Müllereibetrieb	- 25
Pumpe	- 27
Buttermaschine	- 5
Waschmaschine	- 15
Riemen, Kabel und Scheiben	- 45
	Doll. 700

[1]) Sc. Am. Suppl. 1887. Bd. 24 S. 9675.
[2]) Am. Mail 1895.

Digitized by Google

Man wird daraus folgern können, dafs sich die Windkraftanlage infolge Fortfalles der obigen Betriebskosten in etwa 2 Jahren bezahlt gemacht hatte.

Über die Leistungen eines 25'-Windrades (Eclipse), welches 1880 bei Harvard, Clay County, Neb. aufgestellt wurde, berichteten die Eigentümer nach 19monatiger Arbeitszeit: Während der ganzen Zeit hat das Rad keine Reparaturkosten bereitet. Es trieb eine Zweiloch-Kornmühle, einen Satz von 16zölligen französischen Mühlsteinen und einen Elevator. Wir stellten alle Art Futter her, mahlten Getreide usw. Wir hätten mehr als 8340 Bushel mahlen können. Obgleich nicht der ganze Tag ausgenutzt wurde, wurden an einem Tage 125 Bushel gemahlen. Wenn der Mühlstein in einer guten Beschaffenheit war, wurden 20 Bushel in einer Stunde verarbeitet. Nach den Betriebsergebnissen mit einem 1867 in Minnesota aufgestellten Rade von 60' Durchm. hat dieses jährlich nicht über 10 Doll. Reparaturkosten bereitet. Bezeichnend ist der Bericht des Besitzers dieses Rades, dem seine Wasserkraft in 6 Jahren viermal mehr gekostet haben soll, als der Windkraftbetrieb in 16 Jahren.

Von der Firma Adolf Pieper in Moers a. Rh. wurde im Jahre 1890 ein Windrad von 7,60 m für den Betrieb einer Holzbearbeitungs-Werkstätte des Jongens-Waisenhauses in Curaçao, West-Indien geliefert. Die ganze Aufstellung wurde von den Negerknaben unter Leitung eines Pfarrers bewirkt.

Am 7. Oktober 1896 wurde in Deutsch-Südwestafrika die erste gewerbliche Anlage mit Windkraftmaschinen-Betrieb eröffnet, nämlich die erste deutsche Wagenbau-Anstalt in Otjimbingue, für welche Friedr. Filler in Hamburg die maschinelle Einrichtung am 31. Januar 1896 nach der Walfischbai verschickt hatte. Ein 8pferdiger Fillerscher Windmotor mufs hier zunächst in der Stellmacherei eine Bandsäge, Dreh-, Stemm- und Bohrbank und in der Schmiede eine Eisenbohrmaschine und soll später eine Hobelmaschine und Eisendrehbank treiben. Die Transmission wurde unterirdisch verlegt, da die Lehmwände zum Tragen derselben zu schwach waren. Die einstöckige Werkstatt hat eine Grundfläche von 30×10 m. Außerhalb des Gebäudes wird vom Windmotor mittels Seilzuges eine zur Versorgung der Werkstatt bestimmte Pumpe angetrieben, welche in einem 4 m tiefen Schachte aufgestellt ist und aus einem 80 m von ihr entfernten Brunnen saugt, dessen Wasserspiegel 9 m unter Flur liegt. Zu fördern ist in einen 20 m hoch aufgestellten Wasserbehälter, welcher 40 m von der Pumpe abliegt; die Leistung der letzteren beträgt 4 cbm in der Stunde.

Vielfach angewandt ist das Windrad für Band-, Kreis- und Blocksägen. Unter anderem ist 1880 in Eidelstedt bei Altona ein Bundgatter mit einem Fillerschen Windrad von 7,60 m Durchm. betrieben worden, welches bei günstigem Winde 1 m dicke Stämme bei 10 m Länge mit Leichtigkeit schneiden konnte. 1878 hat die Firma Gebr. Klinkmann in Demmin i. P. eine Leitspindel-Drehbank, zwei Planscheiben-Drehbänke, Fräsmaschine, Schleifsteine, Holzdrehbank, Bandsäge und Bohrmaschine von einem 5 m-Rad mit Vorteil betreiben lassen. Im Jahre 1879 hat ein 2pferdiger Motor in Maranham (Brasilien) Kaffeestampfen in Wirksamkeit erhalten. Auf dem Gute Gr.-Ossnig bei Cottbus (1881) hat ein Motor von 13,75 Raddurchmesser zum Betriebe einer Häckselmaschine und einer Futterquetsche gedient und in einem halben Tag mit zwei Mann

Bedienung mehr Häcksel geschnitten, als zuvor bei Göpelbetrieb mit drei Pferden und fünf Mann Bedienung.

Übrigens ist das Windrad auch bei der Steinbearbeitung schon vor langer Zeit mit Erfolg verwertet worden und es ist nicht recht einzusehen, warum auf diesem Gebiete die Benutzung des Windes ins Stocken geraten war, da ja bei Steinbrüchen Gelegenheit und Bedürfnis oft genug auf die Windkraftmaschinen hingewiesen haben. So lese ich[1]), dafs zu Anfang des 19 Jahrhunderts ein Schiffsbaumeister Sauvage in Boulogne eine Windmühle zum Sägen von Stein oder Marmor besaß. Hierzu dienten 2 Säge-Gatter zu je 15 Sägen von 10′ Länge; dazu kamen 2 Poliermaschinen. Es wurden in 24 Std. 120 □′ Fläche durchgesägt und diese 130 □′ Fläche wurden in 24 Std. poliert. In dem Bericht wird die gleichförmige gute Wirkung der Maschinen hervorgehoben.

Dem Umstande, dafs die Windkraftmaschine zeitweise aussetzt, hat man vielfach dadurch Rechnung getragen, dafs andersartige Kraftmaschinen als Reserve gehalten und bei mangelndem Winde in Betrieb gesetzt werden.

Die Verbindung eines Kegelwindmotors von Reuter & Schumann in Kiel mit einer Wasserkraft- und einer Dampfmaschine, welche alle an einer gemeinsamen Haupttriebwelle angreifen, ist gemäß Fig. 102 an einer Mühlenanlage mit einer 15pferdigen Windkraftmaschine durchgeführt. In einer Mühle in Scharnau bei Bromberg unterstützt ein 8pferdiger Kegelwindmotor eine Turbine, für welche nur 7 Stunden am Tage genügend Wasser vorhanden ist. Es wird hier, wenn der Wind einigermaßen ist, 1 Tonne Roggen oder Weizen in 24 Stunden zu Mehl verarbeitet, dabei soll das Zusammenarbeiten von Wind- und Wassermotor vorzüglich sein.

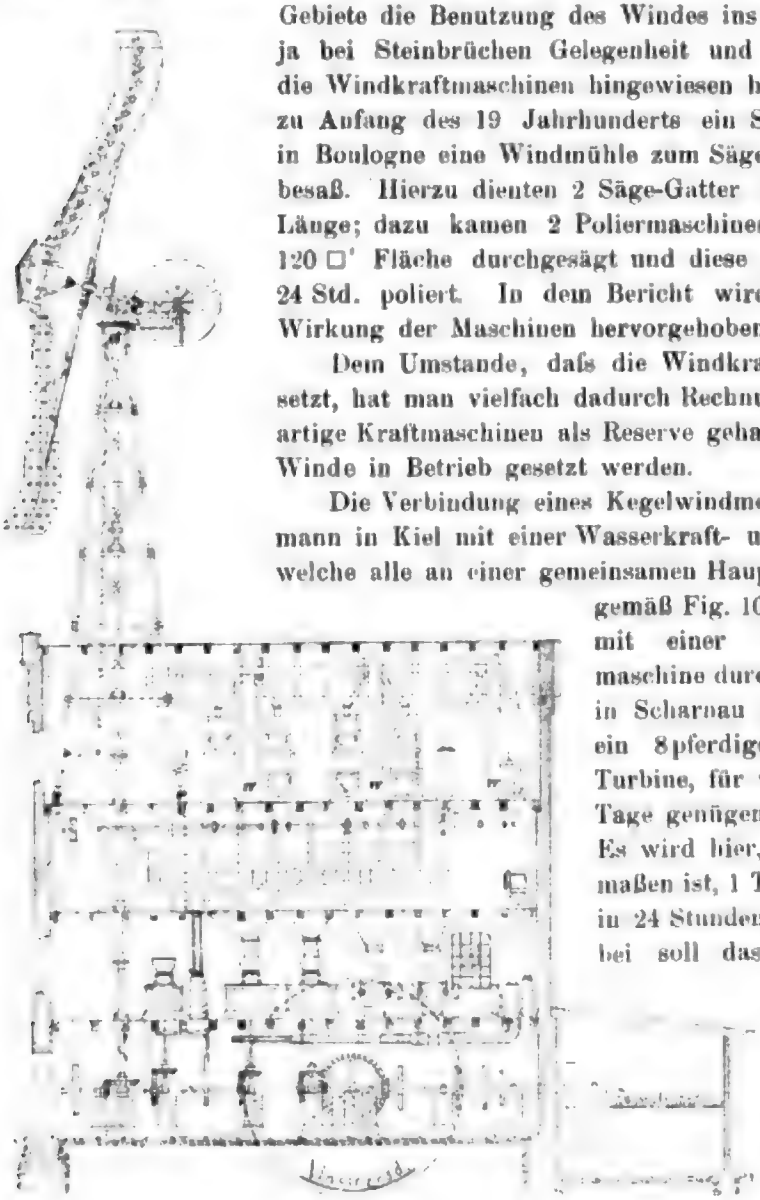


Fig. 102.

Man könnte Dampfmaschine und Windrad zusammen auf einer Welle arbeiten lassen, müfste aber natürlich immer die Möglichkeit der Windschwankungen berück-

[1]) Bull. d. sc. technol. 1826 S. 319.

Digitized by Google

sichtigen. Um die veränderliche Geschwindigkeit der Windkraftmaschine mit der gleichförmigen Bewegung der Dampfmaschine zu vereinigen, hat z. B. Morshead[1]) die folgende Einrichtung empfohlen (Fig. 103). Die Dampfmaschinenwelle ist mit der Welle der konischen Riemscheibe *b* durch ein Gesperre *a* in der Weise gekuppelt, dafs

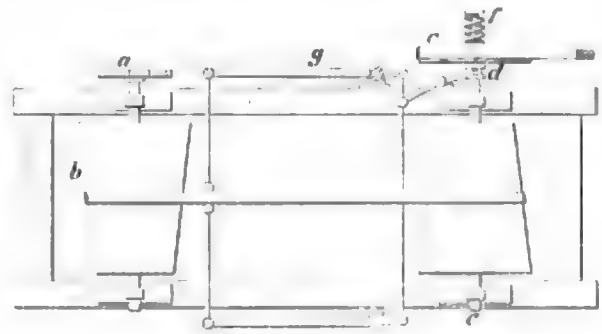


Fig. 103.

die Scheibe *b* mittreibend wirkt, wenn sie mindestens ebenso rasch oder rascher als die Dampfmaschinenwelle läuft. Anderenfalls arbeitet die Dampfmaschine allein. Der Windmotor treibt nun die Riemscheibe *c*, welche durch eine gewundene Feder und Nut *d* mit der Welle *e* so verbunden ist, dafs sie entsprechend dem Riemenzug gegen die Feder *f* verschoben wird. Diese Verschiebung der Scheibe *c* hat aber auch eine entsprechende Bewegung des Riemenstellzeuges *g* zur Folge. Es wird also mit wachsender Riemenspannung an der Scheibe *c* die Geschwindigkeit der Riemscheibe *b* vergrößert.

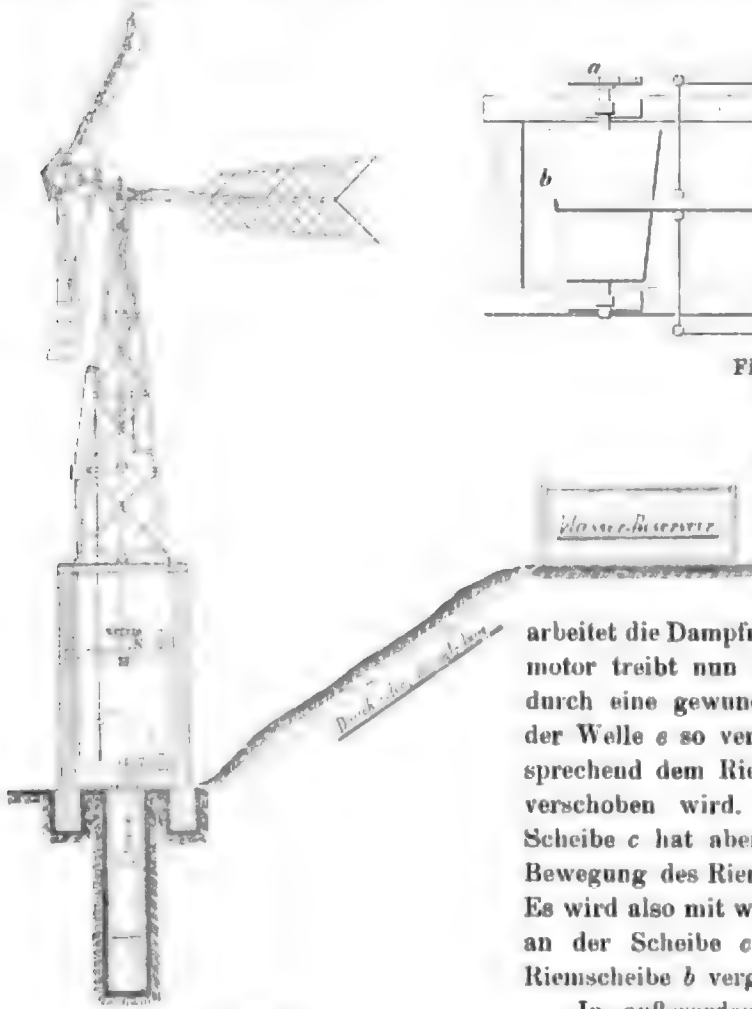


Fig. 104.

In außerordentlich vielfacher Weise begegnet man dem Windrade mit der Hebung von Wasser beschäftigt. So haben Th. Reuter & Schumann unter anderem in der Gegend von Uelzen einen 6pferdigen Kegelwindmotor aufgestellt, welcher eine Schleuderpumpe betreibt. Die Einrichtung ist aus Fig. 104 zu ersehen. Die Wasserförderung beginnt bei einem Wind von 4,5 m und zwar liefert die Pumpe bei 11 m Förderhöhe

und einer Windgeschwindigkeit von	5;	5,5;	6;	7;	8 m.
in der Stunde Kubikmeter Wasser	26,1;	26,8;	27,85;	30,05;	31,70.

[1]) English Mechanic and World of Science 1880 S. 497.

Digitized by Google

Bei Verwendung von Wasserschnecken soll die Leistung bei gleichem Kraftbedarf wie bei Pumpen nach Angabe der Firma etwa die zehnfache Wassermenge betragen; die Hubhöhe darf allerdings dann 4 m nicht übersteigen. Eine Wasserbeförderungs-Anlage mit Schnecke ist für eine stündliche Leistung von 300 cbm auf einem Gute in Wiskitno bei Wierzchnim zur Ausführung gelangt. Die Gemeinde Vardol, nahe am Nordkap, welche täglich etwa 200 cbm Wasser benötigt, versorgt gleichfalls ein Kegelwindmotor. Und der Bauverein des „Nord-Ostsee-Kanals" Bezirk Holtenau besitzt ein Wasserwerk, bei welchem ein Rad von 5,5 m Durchm. zur Verwendung gelangt ist, das bei 7 m Wind 1,75 PS leistet. In dem Windradturm ist ein Wasserbehälter untergebracht, nach dessen Füllung ein Schwimmer die Abstellung des Rades selbsttätig bewirkt, während beim Fallen des Wasserspiegels unter eine gegebene Grenze ein Gewicht das Rad wieder einstellt.

Der große Reinsch-Windmotor wird in Verbindung mit 4 Stück sogenannten Kastenpumpen gebracht, deren je eine ca. 60 000 l Wasser pro Stunde fördert, wodurch eine Gesamtleistung dieser bereits ausgeführten Anlage von 240 000 l Wasser pro Stunde erzielt wird. Es eignet sich eine solche Anlage, wozu je nach örtlichen Verhältnissen auch eiserne Rohrpumpen verwendet werden, bei nicht zu großer Förderhöhe gut zu Ent- und Bewässerungen, da man so ohne einen außergewöhnlich großen Motor selbst den schwächsten, sonst nur eine Windmühle treibenden Wind ausnutzen kann, indem man beliebig je nach der Stärke desselben auch jede Pumpe einzeln oder auch zwei oder drei zusammen, ebenso wie alle mit einmal arbeiten zu lassen vermag; während man bei anderen größere Wassermengen fördernden Maschinen, als Schnecken, Elevatoren etc. immer erst dann arbeiten kann, wenn der Wind die zum Betrieb des ganzen Werkes nötige Stärke erreicht hat. Eine ähnliche Anlage mit einem Reinsch-Motor No. 25 nebst 2 Kastenpumpen hat zur Entwässerung der 500 Morgen großen Wiesen in Tautschken (bei Kattlau in Posen) gedient. Von der Firma Karl Reinsch in Dresden rührt auch die Wasserförderung auf dem Dreifaltigkeitsberg bei Spaichingen her, wo das Wasser auf 140 m Höhe zur Versorgung einer Wirtschaft gedrückt wird. In Markteinersheim (Mittelfranken) treibt ein Reinsch-Rad von 5 m Durchmesser bei 5 m Wind 0,5 cbm Wasser in der Stunde 1,7 km weit und 70 m hoch auf das Ökonomiegut Neubauhof.

Eine größere Wasserversorgungsanlage mittels eines Reinsch-Motors ist auch für den Schießplatz (Truppenübungsplatz) Hammerstein bei Neustettin (W.-Pr.) zur Ausführung gelangt. Daselbst sind auf einem 14 m hohen Wasserturm zwei eiserne Hochreservoire von je 50 cbm Inhalt aufgestellt; darüber befindet sich auf einem besonderen kleineren Turm ein Windrad von 8 m Durchmesser, welches zwei große, doppeltwirkende Saug- und Druckpumpen mit einer stündlichen Leistung von reichlich 15 cbm schon bei mittleren Winde betreibt. Auch Châlons (Frankreich) besitzt eine ähnliche Anlage, die von Beaume eingerichtet worden ist. Ein Windrad von 4,50 m Durchmesser läuft auf einem 18 m hohen Turm über einem 35 m tiefen Brunnen. Es macht bei 5–6 m Wind 18—22 Umläufe und schafft dann mittels einer einfachwirkenden Pumpe von 100 mm Weite und 180 mm Hub 1,5 cbm Wasser i. d. Std. auf

Digitized by Google

rund 13,5 m über Boden. Die Pumpe kann nach Lösung vom Motorgestänge von Hand betrieben werden. —

Zur Entwässerung von tiefen Steinbrüchen, Tongruben wird der Windmotor oben aufgestellt und mittels geeigneten Gestänges, etwa eines Kunstkreuzes, Drahtseiles oder dgl. mit der Pumpe verbunden; diese wird so tief aufgestellt, dafs ihre Saughöhe nur etwa 6 m beträgt. Auf dem Kalkwerk in Grumbach bei Wilsdruff fördert ein 6,3 m-Rad { 2 cbm Wasser bei 4 m Wind / 5 - - - 7 - - } aus 60 m Tiefe, wobei gegen die frühere Dampfpumpenanlage ein Mann Bedienung und die Kohlen gespart werden.

Der Erfahrung gemäß berechnet Reinsch die zu beschaffende Wassermenge nach folgendem Bedarf, nämlich

für Wohnhäuser, Anstalten, Gemeinden etc. 30—50 l täglich pro Kopf, dazu
bei Domänen etc. . . . . 50 l - - Stück Großvieh,
10—20 l - - - Kleinvieh,
+ 10° des Gesamtbedarfs zu sonstigen Wirtschaftszwecken,
zur Bewässerung von Wiesen, Gärten 1—2 l tägl. pr. qm (3000—5000 l tägl. pr. Morgen)
(zu sandigen Boden etwas mehr).

Von Adolf Pieper in Moers a. Rh. wurde 1884 auf einer Schiefergrube bei Mayen ein Windrad von 6,70 m Durchmesser aufgestellt. Dies fördert bei gutem Winde das gesamte Grubenwasser, wozu früher ein Pulsometer mit einem täglichen Verbrauch von 15—20 Ctr. Kohlen verwandt wurde. Das Wasser mufs für andere Zwecke etwa 80 m gehoben werden. Läßt man es bei rund 20 m Förderhöhe ablaufen, so arbeitet das Rad schon bei schwachem Winde. In Kaiserswerth a. Rh. errichtete Pieper 1880 einen Motor von 4,30 m Durchmesser in einer Höhe von 25 m auf dem Mühlenturm der Diakonissen-Anstalt zur Wasserbeschaffung für 700 Personen. Zu fördern war das Wasser auf 35 m in ein Bassin von 30 cbm Inhalt, welches bei 5 m Wind in 10—12 Std. gefüllt wurde und noch wird. Die Abstellung geschieht mittels Schwimmers.

Auf dem Rittergut Meienfelde wurde das Wasser mittelst Göpelbetriebes beschafft. Diesen Betrieb ersetzte nun G. R. Herzog in Dresden durch einen solchen mittels eines seiner Stahlwindmotore. Dabei wurde die Einrichtung in der Weise getroffen, dafs das Göpeltriebwerk als Reserve-Antrieb bestehen bleiben konnte. Es mufs aus zwei Brunnen gesaugt werden, von denen der eine 25 m, der andere 90 m vom Pumpenschacht abliegt. Gefördert wird in einen Behälter, der mit Torfmull isoliert ist und von dem die verschiedenen Leitungen abfallen. Eine eigenartige Wasserversorgungsanlage für eine Gemeinde ist von Herzog auf Grund der von dieser Firma gesammelten Erfahrungen projektiert. Zu beschaffen sind hier etwa 10 cbm Wasser i. d. Std. auf 50 m Förderhöhe, welche Leistung schon bei 4 bis 4,5 m Wind sich ergeben soll. Es könnte diese Arbeit von einem Herzogschen Windrade von 11 m geleistet werden. Indessen sind zwei Räder von je etwa halber Leistungsfähigkeit vorgesehen, damit man in der Lage ist, noch mit der einen Hälfte

Digitized by Google

der Anlage zu arbeiten, wenn an der anderen Reparaturen notwendig werden. Die beiden Räder werden nebeneinander in einem breiten Tale aufgestellt, das nur den Ost- und Westwinden geöffnet ist, nicht aber den Nord- und Südwinden, sodafs sich die Räder gegenseitig nicht verdecken können.

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine einfache Kombination von Windrad und Pumpe hingewiesen (Fig. 105)[1]; sie rührt von de Montrichard in Montmédy her. An der Radachse ist gleich der Kolben einer Kreiselpumpe *a* angeordnet, welche Wasser durch das Rohr *b* und die Säule *c* ansaugt. Das Wasser läuft dann durch das Rohr *d* ab in den Behälter *e* und von da durch das Rohr *f* in den Sockel *g*, aus welchem die Leitung *h* zur Verbrauchsstelle führt. Die wagerechte Radachse ist mit dem Pumpenkasten um die Vertikale schwenkbar. Da hier die Pumpe nur saugt, kann praktisch nur eine Förderhöhe von etwa 8 m inbetracht kommen.

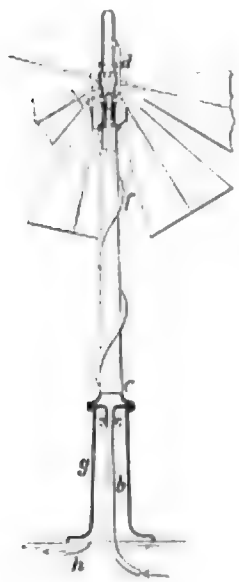


Fig. 105.

Von bemerkenswerten Wasserförderungs-Anlagen seien ferner die folgenden angeführt. Auf dem Rittergut Schlabendorf bei Zinnitz liefert ein Windrad der Eimsbütteler Maschinenfabrik vorm. Fried. Filler, G. m. b. H. in Eimsbüttel-Hamburg das Wasser für die künstliche Vorflut zur Dränierung eines Areals von 70 ha. Es ist hierzu ein Rad von 9,15 m Durchmesser gewählt, welches mittels der angehängten 4 Kastenpumpen bis zu 3,25 cbm Wasser in der Minute auf 3,5 m Höhe hebt. Eine Maschine derselben Firma mit einem doppelten Windrade von 7,60 m Durchmesser, welche eine Leistung von 6 PS bei einer Windgeschwindigkeit von 7 m i. d. Sek. haben soll, ist in der Poltawa (Moskau) aufgestellt. Sie saugt mittels einer Kalifornia-Pumpe rd. 3,5 cbm Wasser in der Stunde auf 23 m Sauglänge und 6 m Saughöhe und drückt diese Wassermenge durch eine Leitung von 38 mm lichter Weite auf ca. 2000 m horizontale Entfernung und 100 m Höhe, selbst bei recht gelindem Winde gleichmäßig und bei leichtem Gange. Das Großh. Sächs. Kammergut Kottenhain besitzt einen Fillerschen Windmotor von einem Raddurchmesser gleich 4,3 m, auf einem schmiedeeisernen Turm von 12 m Höhe montiert. Die Maschine fördert mittels einer Kalifornia-Saug- und Druckpumpe von 65 mm Kolbendurchmesser stündlich bis 1,2 cbm Wasser auf eine Entfernung von 1600 m und eine Höhe von 8—10 m in einen Sammelbehälter. Zur Entwässerung der Tongruben der Dampfziegelei in Farmsen bei Wandsbeck schöpft ein doppeltes Windrad von 5,00 m Durchmesser mittels eines doppeltstiefeligen, einfachwirkenden Pumpwerkes von 150 mm Bohrung und 250 mm Hub das Grubenwasser durch eine 9 m lange, 75 mm weite Saugleitung, welche mit 1 Doppelkrümmer, 2 einfachen Krümmern und einem Saugkork mit Fußventil versehen ist. Und zur Freihaltung der Tongrube bei Toepchin arbeitet ein einfaches Rad von 4,3 Durchmesser bei leichtem und schwerem Winde gleich ruhig, sich sehr exakt

[1]) Journ. d'agr. 1889 Bd. 52 S. 673.

Digitized by Google

selbst regelnd. Es treibt eine ca. 40 m vom Radturm entfernte California-Pumpe, die 6 cbm Wasser i. d. Std. auf 18 m Höhe fördert. Im November 1883 wurde für die eine Kohlengrube bei Richmond (St. Louis)[1]) eine Wasserhaltung mit einem 18′ (Eklipse)-Windrad angelegt. Die Grube lieferte in 24 Stunden 11 000 Gallonen Wasser. Der Sumpf und zwei Zugänge konnten 27 500 Gallonen fassen, sodafs also bei vollständig entleerten Sumpf und Nebengelassen das Pumpwerk 60 Stunden ruhen konnte, ehe erstere wieder gefüllt waren. Das zur Anwendung gelangte Windrad zeigte nun in einer Arbeitszeit von 90 Tagen, dafs es imstande war, die Grube nahezu trocken zu halten, trotzdem die Windverhältnisse unvorteilhaft waren.

Für die Zwecke des Eisenbahnbetriebes, insbesondere zur Beschaffung des Speisewassers für die Lokomotiven sind die Windkraftmaschinen in einer großen Anzahl, auch in Deutschland benutzt worden. So wurde von Filler in Hamburg zu Anfang 1878 ein Motor von 3,65 m Rad-Durchmesser mit doppeltwirkender Pumpe auf der Wasserstation Eggersdorf der Magdeburg-Halberstädter Eisenbahn in Betrieb gesetzt. Er lieferte nach angestellter Messung in 2 Std. 55 Min. 10 cbm Wasser auf eine Höhe von 8 m und entsprach den damaligen Ansprüchen an Wasserlieferung vollkommen. Im Juni 1882 erhielt die Wasserstation auf Bahnhof Etgersleben eine Maschine von 5 m Raddurchmesser, welche schon bei leichtem Winde das benötigte Wasser liefert. Die Eisenbahndirektionen Magdeburg und Bromberg haben namentlich mehrere Stationen mit Fillerschen Maschinen ausgestattet, von denen übrigens auch die dänischen Wasserstationen Hjörring und Aarhus Exemplare besitzen.

Eine Maschine von H. Rossin (Halladay-Rad von Schabaver), dessen Motore insbesondere in dem von häufigen und heftigen Winden heimgesuchten Tale der Rôhne Aufstellung gefunden haben, ist u. a. auch Dezember 1886 auf der Haltestelle Valenton nahe dem Bahnhof Villeneuve-Saint-Georges der Pariser Grande Ceinture zur Speisung eines Wasserbehälters in Betrieb gesetzt worden[2]). Das Rad treibt 2 Pumpen, welche stündlich 4 cbm Wasser auf 16 m Höhe fördern. Die Anlage hat selbst bei sehr heftigen Stürmen keinen Schaden gelitten. Eine ähnliche Einrichtung besitzt übrigens auch der Bahnhof Colleville (Chemin de fer de l'Ouest).

Das Kaiserliche Gouvernement in Dar-es-Salaam hat in seinem Park 1890 einen Windmotor von Filler in Hamburg aufstellen lassen, der den gesamten Wasserbedarf, einschließlich Wiesenbewässerung und der künstlichen Fischzüchtereien deckt. Das zweieinhalbpferdige, doppelte Rad von 5 m Durchmesser ist auf einem 15 m hohen Stahlturm montiert, dessen Unterbau von 6 m Höhe gemauert ist. Getrieben wird eine doppeltwirkende Kalifornia-Pumpe mit Metallventilen (für Hochdruck) vermittels eines eisernen hohlen Gestänges, dessen Eigengewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ist. Bei 32 bis 36 Umdrehungen i. d. Min. werden 4 cbm Wasser auf 20 m in 1 Stunde befördert, und zwar in ein im Stahlturm untergebrachtes Hochreservoir von 10 cbm Fassungsvermögen. Von diesem Behälter fallen die Wasserleitungen nach den verschiedenen Verbrauchstellen ab. — Eine größere Wasserversorgungsanlage, bei welcher

[1]) Am. Mail 1885 Bd. 32 S. 148.
[2]) Génie civ. 1890 Bd. 17 S. 246.

auch eine gewisse Regelmäßigkeit der Wasserentnahme vorausgesetzt wird, hat die Stadt Greifswald, dessen Wasserwerk in Driedrichshagen eine zuverlässig wirkende Pumpeneinrichtung mittels eines Fillerschen Windrades aufweist. Benutzt wird ein Rad von 12,20 Durchmesser, das bei 7 m Wind 18 PS leistet und 4 doppeltwirkende Saug- und Druckpumpen von 250 mm Cylinderbohrung bei 300 mm Hub treibt. Beim Jahresdurchschnittswind von 4,5 m werden 162 cbm Wasser in der Stunde auf 6 m Höhe gefördert. Das Wasserwerk hat zu Beanstandungen Veranlassung nicht gegeben.

Die Pumpstation zu Tergast für das Wasserwerk Emden, Ostfriesland, zerfällt wie in Greifswald auch in zwei Abteilungen, und zwar in eine Hauptabteilung mit Windmotorenantrieb und in eine Reserveabteilung mit Petroleummotorenbetrieb. Die günstige geographische Lage der Pumpstation Tergast erlaubte es die Hauptarbeit, also den eigentlichen Hauptbetrieb, genau wie in Greifswald durch den fast kostenlosen Betrieb eines Fillerschen Windmotores von 12,20 m Windraddurchmesser ausüben zu lassen, der zwei doppeltwirkende Saug- und Druckpumpen treibt, die auch, wie der Windmotor, von der Fillerschen Fabrik geliefert sind. Als Reservebetrieb für windstille Tage wurde ein Petroleummotor von 10 effektiven Pferdestärken mit entsprechender Plungerkolbenpumpe liegender Konstruktion von der Firma Gebrüder Körting, Hannover, aufgestellt. Aus Vorsicht aber, dafs der Petroleummotor ab und zu nicht funktionieren könnte, wurde diesem ersten noch ein zweiter Petroleummotor in Reserve mit gleicher Pumpe und von gleicher Stärke beigestellt. Es kam hier in betracht, dafs nach den Ergebnissen der Eisenbahn-Betriebsämter das Kubikmeter Wasser mit dem Windmotor 0,5 Pfg. zu pumpen kostet, dagegen mit jedem anderen Motor 7 bis 10 Pfg., also das Vierzehn- bis Zwanzigfache. Die Aufstellung des Windmotors in Tergast erfolgte auf einem hohlen Mauersockel von 6 m Höhe, welcher dem 20 m hohen Turm aus Stahl, dessen Basis 6×6 m beträgt, als Fundament dient und in dessen Hohlraum die Pumpenantriebswelle auf zwei gemauerten massiven Pfeilern montiert ist und die Pumpen, mit großen Druckwindkessel und Saugwindkesseln ausgerüstet, aufgestellt und mit den Saug- und Druckrohrleitungen verbunden sind. Der Antrieb erfolgt direkt und wird von der stehenden Welle durch ein konisches eisernes Zahnrad auf ein großes dazu passendes Kegelrad mit Holzkämmen übertragen. Die Kurbelwelle hat zwei sich gegenüber stehende Kurbeln, von wo ab der Antrieb durch Pleuelstangen direkt auf die Pumpen erfolgt. Die Mitte des Windrades liegt also 26 m über Terrain, die oberste Kante des Windrades demnach + 6,10 m gleich 32,10 m über Flurniveau, womit eine sehr günstige Stellung erreicht ist und ein gleichmäßiger, sicherer Betrieb erzielt wird. Die Leistung dieser Windmotorenanlage beträgt 25—30 cbm pro Stunde, welche von der Pumpstation Tergast, bei einer Entfernug von 13 Kilometer in das Hochreservoir gedrückt werden, welches in Emden auf einem Turm von 41 m Höhe aufgestellt ist. Die Reserve-Abteilung mit Petroleummotorenbetrieb ist in dem massiven Hauptgebäude untergebracht und zwar so, dafs die beiden Petroleummotore oben zur ebenen Erde, die Pumpen aber in einem vertieften Raume stehen, um die Saughöhe möglichst herabzumindern, wie auch die Pumpen für den Windmotor vertieft in demselben Raume stehen. Die Antriebsriemen gehen von den oben be-

findlichen Petroleummotoren nach den untenstehenden Pumpen, welche Riemenscheiben von 3,00 m Durchmesser haben.

Die Irrenkolonie Langenhorn bei Hamburg besitzt gleichfalls ein Wasserwerk mit Fillerschem Windrad (Fig. 106). Der massive steinerne Unterbau wird durch einen eingezogenen Bodenbelag in zwei Teile geschieden. Das 50 cbm fassende Hochreservoir ist mit Fachwerk umkleidet. Das Pumpengestänge ist durch das Reservoir geführt, bis zum ersten Boden, wo ein Balancier eingeschaltet ist. Von dem Letzteren geht das Gestänge zu einem unten angeordneten Balancier, an dem die Gestänge zweier doppeltwirkenden, in dem 14 m tiefen Schacht aufgestellten Pumpen anschließen. Unter Vermittelung eines Antriebsbockes kann der letzhin genannte Balancier auch durch Menschenkraft oder durch einen Petroleummotor betrieben werden, der durch Riemenvorgelege mit dem Antriebsbock verbunden ist. Bei gutem Winde arbeitet der Windmotor allein mit beiden Pumpen.

Nach den mir gemachten Angaben der Firma Filler in Hamburg sind Anlagen mit Leistungen von 400 cbm in der Stunde auf 4 m Höhe zur Ausführung gelangt.

Im Departement Aude (Frankreich) hat Schabaver (Castres) eine größere Anzahl seiner Halladay-Räder zur Wasserversorgung von Gemeinden mit 300 bis 1500 Seelen aufgestellt. So in Mazamet (Tarn), wo ein Rad von 9,15 m Durchmesser bei 6—7 m Wind bis zu 400 l Wasser minutlich auf 35 m fördert[1]).

[1]) Génie civil 1890 Bd. 17 S. 246.

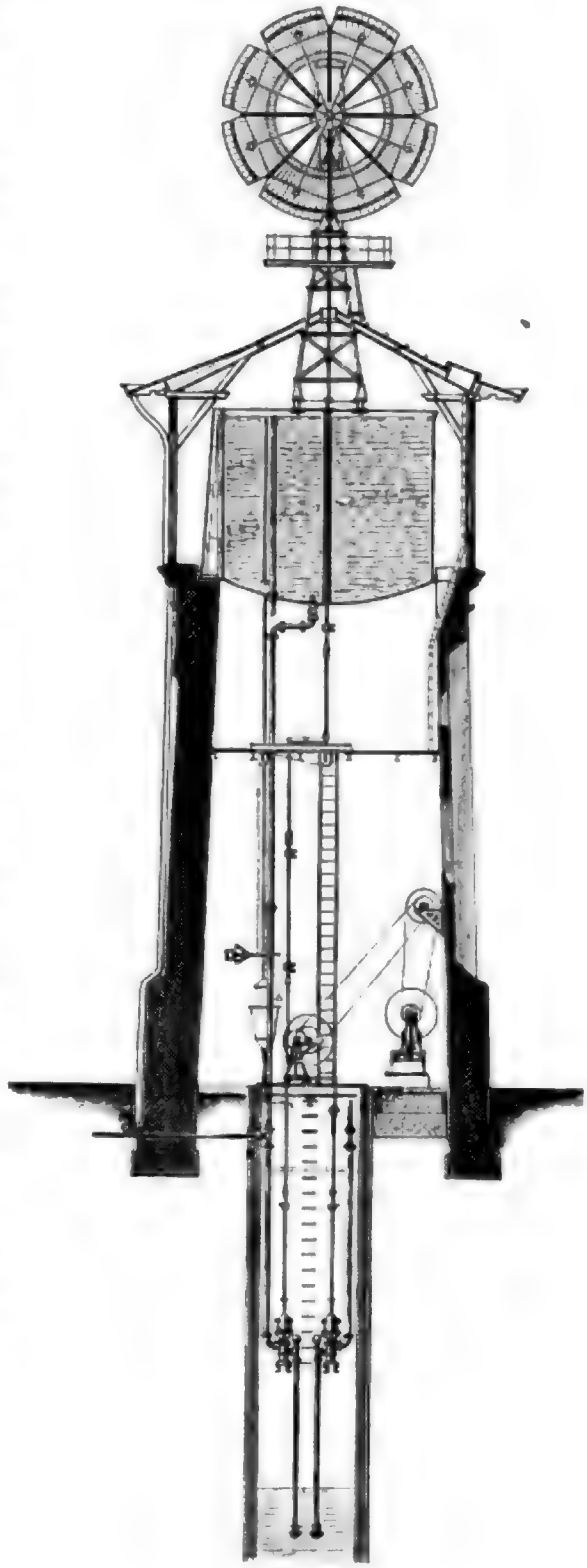


Fig. 106.

Digitized by Google

Den gesamten Wasserbedarf des San Stefano-Palastes des Khedive von Egypten deckt ein Halladay-Windrad der U. S. Wind & Engine Pump Co. (Fig. 107). Das Rad von 18′ Durchm., also bei 18- (engl.) Meilen-Wind etwa 4 PS leistend, ist inmitten des Palasthofes auf einem 80′ hohen Stahlturm montiert und treibt eine doppeltwirkende Pumpe, welche in der Stunde 3000 bis 4300 Gallonen Wasser zu beschaffen im Stande ist und diese Menge aus einem Brunnen, dessen Wasserspiegel 40′ unter Tag liegt, in ein 40′ hoch aufgestelltes Reservoir fördert.

Fig. 107.

Aus der sehr bedeutenden Anzahl meist großer Anlagen, welche von Andrew J. Corcoran ausgeführt worden sind und sich durch eine Reihe von Jahren bewährt haben, sei die Pump-Anlage angezogen, welche der derzeitige Präsident der Vereinigten Staaten, Roosevelt, auf seinem Gut an der Oyster Bay, L. J., besitzt. Für das Jekyl Island-Klubhaus und die Landhäuser zu Brunswick beschafft ein Corcoran-Rad von 25′ Durchm. das Wasser, welches in einen Behälter von 50 000 Gallonen Fassungsvermögen und 60′ Höhe gefördert werden mufs. Wo die Windverhältnisse nicht besonders günstig sind, wird stets ein Versuch mit außergewöhnlich hohen Windradtürmen empfohlen. So hat der Besitzer einer Farm in Scarborough-on-Hudson, N. Y., fünf Jahre mit zwei Dampfpumpen unvorteilhaft gearbeitet, sodann es mit einem 18′-Windrad versucht und schließlich mit Erfolg ein Corcoran-Rad von 16′ Durchm. auf einem 125′ hohen Turme verwendet, um Quellwasser aus einem Tale zu beschaffen. Wie die mir vorliegenden Berichte erkennen lassen, begegnet man in Amerika den Windkraftanlagen mit so großem Vertrauen, dafs man die Mehrausgaben für besonders hohe Türme nicht scheut. So befindet sich beim Kloster der Schwestern von St. Dominic in Coldwill (N.-J., V. St. A.) ein Windrad auf einem 140′ hohen Turme, welches Wasser in ein entfernt aufgestelltes Hochreservoir fördert und seit mehr als 4 Jahren den Bedarf von 300 Personen ohne Anspruch auf Reparaturen gedeckt hat. In St. James (L. J.) fördert ein Rad, welches auf einem 150′ hohen

Turme montiert ist, das Wasser über eine engl. Meile weit. Und in Westbury (L. J.) ist ein Turm von 170′ zur Verwendung gelangt.

Im Frühling 1881 wurde für die Stadt Arkansas (Kansas) ein 14′ Windrad (Eklipse) aufgestellt, dazu ein Wasserbehälter von 32 000 Gallonen auf einem 15′ hohen Steinunterbau, dessen Boden 4′ über dem Niveau der Hauptstraße stand[1]). An Leitungen wurden 1400′ vierzöllige Holzröhren und 1200′ anderthalbzöllige schmiedeiserne Röhren verlegt. Dazu kamen 3 dreizöllige Feuerhydranten auf der Hauptstraße. Das Windrad kam 1100′ vom Wasserbehälter zu stehen und mufste das Wasser auf 50′ heben. Die Leistung betrug 18 000 bis 20 000 Gallonen in 24 Stunden. Das Wasser diente zu Feuerlöschzwecken, Straßensprengung und hauswirtschaftlichen Zwecken. Und zwar mufsten Privathäuser und Handelshäuser 5 Doll., Hotels 10 Doll. und Lagerhäuser 15 Doll. jährliche Abgaben zahlen. Aus diesen verhältnismäßig niedrigen Sätzen erzielte die Stadt ein jährliches Einkommen von 300 Doll. Die Kosten der Anlage betrugen jedoch nur 2000 Doll. und Unterhaltungskosten etwa 5 Doll. im Jahr. Und im Juni 1883 erhielt die Stadt Mc Pherson (Kansas) ein Wasserwerk, bei welchem ein 22′-Windrad auf einem 75′ hohen Turme und ein Wasserbehälter von 60 000 Gallonen in 43′ aufgestellt wurde. Die Pumpe schöpfte 80′ tief aus einem Graben und lieferte durchschnittlich 30 bis 38 000 Gallonen in 24 Stunden.

Einer der größten Windrad-Türme wurde 1893 bei St. James, N. Y., V. S. A. errichtet[2]). Er ist 150′ hoch, und zwar ist der untere Teil in Höhe von 125′ aus schwerstem yellow pine aufgeführt. Die Höhe ergab sich aus der Notwendigkeit, das Rad auf eine Umfläche von mindestens 1000′ Halbmesser freizulegen. Das rasch laufende Windrad von 22′ Durchm. pumpt Wasser durch eine Leitung von rd. 9000′ Länge in ein etwa 2 engl. Meilen entferntes Reservoir, das 273′ hoch liegt und 65 000 Gallonen fafst. Diese Wassermenge hat das Rad innerhalb einer Woche beschafft.

Selten beträgt der Durchmesser des Windrades weniger als 2,40 m, ausnahmsweise auch nur 6,00 m. Für Windkraftmaschinen, welche Pumpen unmittelbar antreiben, deren Drehung also durch ein Pleuelstangen-Getriebe direkt in eine hin- und hergehende Bewegung umgewandelt wird, rechnet man in Frankreich mit folgenden Werten, welche mindestens 1 Jahr in Betrieb gewesenen Anlagen entnommen sind[3]).

Durchmesser des Rades in m	Durchmesser des Pumpen-Cyl. in mm	Hub des Kolbens in mm	PS	Leistung in 1 pro Stunde auf 10 m Förderhöhe bei einer Windgeschwindigkeit von 4,50 m	6,75 m
2,40	76—89	150—200	0,3	400—600	800—1200
3,00	82—100	200—250	0,6	700—1200	1400—2400
3,60	89—125	250	1	1200—1600	2500—3200
4,20	100—150	300	1,60	2000—3500	4500—8000

[1]) Sc. Am. Suppl. 1884 Bd. 18 S. 7112: J. W. Hill, The Windmill, a paper read before the Eng. Club of St. Louis.

[2]) Am. Mail 1895 Bd. 32 S. 148.

[3]) Journ. d'agr pratique 1901. 65. I. S 571.

Digitized by Google

Andererseits hat man für Windräder, deren Bewegung auf eine sich drehende vertikale Welle (im Verhältnis von 1 : 5) durch Kegelräder übertragen wird, folgende Erfahrungswerte gesammelt:

Windgeschwindigkeit in m pro Sek.	Umdrehungszahl des Windrades in der Min. bei einem Windrad-Durchmesser von		Umdrehungszahl der angetriebenen Welle i. d. Min. bei einem Windrad-Durchmesser von		PS bei dem Windrad-Durchmesser von	
	3,60 m	4,20 m	3,60 m	4,20 m	3,60 m	4,20 m
4,50	22	22	132	154	0,1	0,1
6,75	30	30	180	200	0,6	1,6
9,00	45	45	264	315	1,6	2,6
11,25	50	50	300	350	2,6	3,6

Eine Windmühle mit Pumpe mit Raddurchm. von 2,40 kostet in Amerika 400— 700 Frcs.
- - - - - - - 3,60 - - - 700—1100 -
- - ohne - - - - 2,40 - - Frankr. 900—1200 -
- - - - - - - 3,60 - - - 1300—1700 -

Im wesentlichen schreibt man in Frankreich diesen Preisunterschieden die gegenüber den amerikanischen Verhältnissen zurückgebliebene Ausbreitung der Windkraftmaschinen zu.

Nach einer amerikanischen Berechnung[1]) soll ein Windrad von 30′ Durchm. unter dem Einflusse eines Windes von 16 Meilen (engl.) in der Stunde 1,75 PS entwickeln und in 8 Stunden auf 35′ Höhe 165 000 Gallonen Wasser pumpen, genügend um $3^1/_2$ Acker 1″ hoch mit Wasser zu bedecken. Das Rad soll aber auch in gleicher Zeit ausreichend Wasser schaffen, um eine Wasserkraftmaschine von 2,5 PS während 5 Stunden betreiben und das überschüssige Wasser zu Bewässerungszwecken abführen zu können. Ein Wasserbehälter von 1 Million Gallonen Inhalt würde bei 4′ Tiefe 200 □′ Bodenfläche beanspruchen und für 10 Stunden 7,5 PS Wasserkraft abgeben. Die Kosten der Anlage stellen sich wie folgt:

1 Windrad von 30′ Durchm.	900 Doll.
Eiserner Turm von 50′ Höhe	500 -
1 doppelt wirkende Pumpe mit Rohren	175 -
1 zweieinhalbpferdige Turbine	150 -
1 Wasserreservoir von 100′ Durchm. mit Dämmen und Erdreich; mit Überlauf, Rohren usw.	450 -
	2175 Doll.

Nach einer anderen amerikanischen Aufstellung[2]) sollen 303 840 Gallonen Wasser durch 20 Windräder zu heben 2,51 Doll. täglich kosten. Betragen die ersten Anlagekosten der Windkraftmaschine 6750 Doll. und die täglichen Unterhaltungskosten (Reparaturen, Schmierung usw.) 1,58 Doll., so bleiben noch $2{,}51 - 1{,}58 = 93$ cents täglich zu einer Amortisation des Anlagekapitals zu 5 % im Jahre.

[1]) Iron Age 1893. Bd. 51 S. 300.
[2]) Amer. Mail 1895 Bd. 32 S. 148.

Digitized by Google

Eine gleiche Arbeit leistende Dampfpumpen-Anlage würde bei derselben Amortisation täglich 32,15 Doll. kosten, so dafs ein jährlicher Gewinn zu Gunsten der Windkraftanlage von 11 735,12 Doll. verbleibt. Hierin ist allerdings nicht gerechnet, dafs die Windkraftmaschine unregelmäßig arbeitet, z. T. selbst aussetzt und dafs demnach, wenn einigermaßen regelmäßige Wasserabgabe zu irgend welchen Zwecken verlangt wird, ein entsprechend großer Ausgleichsbehälter angelegt werden mufs, dessen Kosten noch hinzukommen. Man wird erwidern, dafs man auch bei Dampfpumpen gewöhnlich in ein Reservoir fördern läfst. Dem gegenüber ist hervorzuheben, dafs das Reservoir für eine Windkraftmaschine stets um einen Betrag größer ausfallen mufs, als derjenige für Dampfpumpen, welcher in einem gewissen Verhältnisse zu dem Grade der Ungleichförmigkeit der Windräder in der Arbeitsleistung steht. Angenommen, es sollen 10 cbm Wasser stündlich regelmäßig Tag und Nacht das Jahr hindurch geliefert werden, und diese Lieferung ginge unter den normalen Verhältnissen mit einer Energie von 10 PS zu bewerkstelligen. Dann könnte man eine Dampfpumpe von 10 PS für diese Förderung gleichmäßig in Gang erhalten und braucht, theoretisch genommen, kein Reservoir. In der dem Beispiel unterstellten Gegend sollen nun Windverhältnisse herrschen, welche je zu einem Drittel des Jahres Windstille, normalen Wind und endlich solche Windenergie bietet, dafs eine Windkraftmaschine das Anderthalbfache ihrer normalen Leistung zu entwickeln vermag. Dann ergibt sich:

Gesamtmenge des im Jahre (365 Tage) zu fördernden Wassers $= 365 \cdot 24 \cdot 10 =$ 87 600 cbm.

Die Windkraftmaschine habe x PS und zwar mufs sein:

$$x \cdot \frac{8760}{3} + 1{,}5 \cdot x \cdot \frac{8760}{3} = 87\,600$$

$$x = 12 \text{ PS}.$$

Das heißt, es ist eine Windkraftmaschine von 12 PS erforderlich, um die notwendige Wassermenge zu liefern. Die Förderung verteilt sich nun so, dafs

in $^1/_3$ des Jahres	$12 \cdot 2920 = 35\,040$ cbm	
und - $^1/_3$ - -	$1{,}5 \cdot 12 \cdot 2920 = 52\,560$ -	gefördert werden.
das sind - $^2/_3$ Jahren	87 600 cbm.	
Da in dieser Zeit die Entnahme . . .	58 400 -	beträgt,
so bleiben zurückzuhalten	29 200 cbm.	

Es mufs demnach ein Wasserreservoir angelegt werden, welches 29 200 cbm Wasser fafst, das in der windstillen Zeit abgegeben werden kann.

Von größeren projektiert gewesenen Arbeiten bietet die der Trockenlegung eines Küstengebietes in Österreich durch Windmotore Interesse[1]). Das einst so fruchtbare und reich bevölkerte Gebiet von Aquileja ist bekanntlich ein Opfer der fortwährenden Senkung geworden, welche an der venetianisch-istrianisch-dalmatinischen Meeresküste nach A. v. Merlot in einem Zeitabschnitte von 1500 Jahren 5 Schuh betragen haben soll. Die österreichische Regierung hatte zur Rettung dieses wertvollen

[1]) Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst. 1901. S. 241.

Küstenstrichs schon im Jahre 1762 mit dem Bau ärarischer Schleusen begonnen, deren es bis zum Jahre 1896 zehn gab. In den letzten Jahren machten sich aber Verbesserungen dieses Entwässerungs-Systems notwendig. Insbesondere kam hierbei eine Fläche von nahe 2000 ha in Frage, deren Entwässerung in der bisherigen Weise wegen des zu hoch gelegenen Wasserspiegels des Anfora-Kanals nicht tunlich war, es sei denn, dafs man zuvor diesen Wasserspiegel tiefer gelegt. Vor Inangriffnahme einer dahin gehenden Arbeit wurde jedoch die Verwendung der Windkraft zum Entwässern des Binnenlandes in Erwägung gezogen. Um festzustellen, auf welche verfügbare Wind-Energiemengen man an der offenen und ganz ungeschützten friaulischen Meeresküste rechnen könnte, wurde in dem Dachraum des Staatsmuseums in Aquileja ein selbstregistrierendes Anemometer aufgestellt, das die in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellten Werte ergab. Es ist dabei angenommen, dafs Wind von 4,5—7 m Geschw. in der Sek. eine normale Kraft am Pumpengestänge entwickelt, solche von 2—4,5 m hingegen nur halbe Kraft, und ein Wind mit einer Geschwindigkeit unter 2 m nicht in Frage komme.

Man erhielt nach diesen Messungen

für den März . . .	täglich	2,2—4,8	Stunden	normale	Windstärke
April (1899)	-	1,0—5,3	-	-	-
- (1898)	-	2,2—3,4	-	-	-
- (1900)	-	1—2,4	-	-	-
Mai . . .	-	1,56—3	-	-	-
Juni . . .	-	0,4—1,5	-	-	-

Die verfügbaren Kräfte hatten sich hiernach für die in Betracht kommende Arbeit zu gering erwiesen und der Plan ist deshalb fallen gelassen worden. Dies dürfte jedoch mit Unrecht geschehen sein. Wie die insbesondere in Amerika vielfach und meist mit Erfolg durchgeführten Versuche bewiesen haben, hat es zur Gewinnung größerer Energiequellen genügt, diese höheren Luftschichten zu entnehmen. Ein solcher Versuch würde sich auch im vorliegenden Falle gelohnt haben.

Das Wasser spielt aber im Dasein der Windkraftmaschine noch eine andere Rolle, diejenige eines Arbeitsvermittlers, welcher ungleichförmige, unregelbare Arbeit aufnimmt und gleichförmige, regelbare Energie abgibt, zugleich aber auch zuläfst, der Eigenartigkeit des Windrades in vollstem Maße Rechnung zu tragen. Es ist denkbar und praktisch ausführbar, Wasser in Hochreservoire pumpen oder in Akkumulatoren pressen zu lassen und aus diesen Druckwasser zum Betriebe von Maschinen je nach Bedarf zu entnehmen. Man ist, so weit festzustellen gewesen ist, dieser Art des Betriebes bisher nicht ernstlich näher getreten, wohl deshalb nicht, weil der Windmotor, da wo er angewandt worden, allein genügt hat. Wenn er in der Landwirtschaft im Sommer reichlich Wasser gespendet, ist er in der Lage, zur Zeit des geringeren Wasserbedarfs eine größere Anzahl von Arbeitsmaschinen zu bedienen. Indessen scheint es angebracht, auf die Windkraft-Anlage zur Versorgung kleinerer Gemeinden mit Wasser hinzuweisen, welche Anlagen meist ohne erhebliche Mehrkosten sich so ausbauen lassen, dafs der Hausindustrie eine wohlfeile Betriebskraft zur Verfügung gestellt werden kann.

Die Stelle des Wassers als Kraftsammler könnte offenbar auch die Luft einnehmen. Diesen Vorschlag, Luft durch Windkraftmaschinen zu verdichten und auf-

Jahr	Monat	Monatliche Arbeitsstunden mit		Durchschnittliche tägliche Arbeitszeit mit					
		halber Kraft	normaler Kraft	halber Kraft		normaler Kraft		zusammen	
				Stunden	Minuten	Stunden	Minuten	Stunden	Minuten
1898		—	—	—	—	—	—	—	—
1899	Januar	119	40	3	50	1	18	5	08
1900		—	—	—	—	—	—	—	—
1898		—	—	—	—	—	—	—	—
1899	Februar	97	78	3	27	2	47	6	14
1900		48	12	2	18	0	34	2	52
1898		234	73	7	33	2	21	9	54
1899	März	233	139	7	31	4	29	12	00
1900		124	115	4	00	3	42	7	42
1898		147	32	4	54	1	04	5	58
1899	April	219	165	7	18	5	30	12	48
1900		149	82	4	58	2	44	7	42
1898		119	60	3	50	1	55	5	46
1899	Mai	267	85	8	36	2	44	11	20
1900		209	92	6	45	3	00	9	45
1898		60	22	2	00	0	44	2	44
1899	Juni	259	53	8	38	1	46	10	24
1900		138	46	4	36	1	32	6	08
1898		139	23	4	29	0	45	5	14
1899	Juli	242	21	7	48	0	41	8	29
1900		133	20	4	17	0	39	4	56
1898		167	23	5	23	0	45	6	08
1899	August	183	19	5	54	0	36	6	30
1900		193	47	6	13	1	31	7	44
1898		139	63	4	38	2	06	6	44
1899	Spetember	—	—	—	—	—	—	—	—
1900		90	5	3	00	0	10	3	10
1898		154	37	4	58	1	12	6	10
1899	Oktober	—	—	—	—	—	—	—	—
1900		136	15	4	23	0	29	4	52
1898		170	95	5	40	3	10	8	50
1899	November	—	—	—	—	—	—	—	—
1900		136	39	4	32	1	18	5	50
1898		114	29	3	41	0	56	4	37
1899	Dezember	—	—	—	—	—	—	—	—
1900		85	17	2	45	0	33	3	18

Digitized by Google

zuspeichern, hat z. B. schon Medhurst[1]) (1799) gemacht. Man scheint auch hier aus ähnlichen Gründen, wie bei Verwendung von Wasserkraftsammlern, an die Verwirklichung in bemerkenswertem Maße nicht herangegangen zu sein. Es sprechen hier allerdings noch die aus der Benutzung der Druckluft als Triebkraft an sich erwachsenden Erschwernisse mit.

Thede (Chicago) machte den Vorschlag, die Kompression selbst stufenweis erfolgen zu lassen. Es sei z. B. eine dreistufige Kompression mit drei Maschinen angenommen und zwar sollen die Maschinen weit genug voneinander stehen, um die Abkühlung der verdichteten Luft auf dem Wege von einem zum anderen Motor bis auf die Temperatur der Außenluft zu ermöglichen. Bei Inbetriebsetzung der Anlage wird zunächst der erste Kompressor durch den ersten Motor in Tätigkeit gesetzt und zwar bei geschlossenem Hahn für die Weiterleitung. Wenn die Luft im ersten Druckluft-Behälter und in der Leitung bis zum nächsten Behälter eine gewisse Spannung erreicht hat, so wird der zweite Kompressor angestellt. Es wird nun die Luft mehr verdichtet, so dafs die Spannung im zweiten Behälter eine höhere wird, als sie im ersten Behälter ist. Dasselbe Spiel wiederholt sich beim Anstellen des dritten Kompressors, von dem die Druckluft dann entnommen wird.[2]).

Es mag hier eine amerikanische Berechnung angeführt werden, welche von der praktischen Regel ausgeht, dafs, wenn man 9 Kubikfuß (engl.) Luft (in der Minute) auf einen Druck von 45 Pfund (4 Atm.) und eine Temperatur von rd. 121° C. bringt, das Luftvolumen durch Expansion in der Druckluftmaschine 1 PS leistet[3]). Die Luft soll in 4 Behälter von je 5′ Durchm. und 25′ Länge hinein verdichtet werden und zwar von einem Windrade, welches bei 20′ Durchm. und einer mittelstarken Brise 1 PS leistet und während 24 Stunden arbeitet. Rechnet man dann, dafs von der Druckluftmaschine nur 58 % der aufgespeicherten Druckluft nutzbar gemacht werden, so kann man offenbar mit der einpferdigen Windkraftmaschine, welche während 24 Stunden wirksam ist, unter Vermittelung der Druckluftreservoire eine Druckluftmaschine von $\frac{24}{10} \cdot 0{,}58 = 1{,}4$ PS während 10 Stunden betreiben. Bei stärkerem Winde, der eine höhere Kompression der Luft und rascheren Ersatz der verbrauchten Menge derselben gestattet, oder bei kürzerer Arbeitszeit des Druckluftmotors würden entsprechend höhere Leistungen (bis 4 PS) des letzteren in Frage kommen. In ländlichen Betrieben ließe sich die Windkraftmaschine abwechselnd und je nach Bedarf zur Beschaffung von Wasser und zum Füllen der Druckluftbehälter ausnutzen. Es soll nun kosten:

1 Windrad von 20′ Durchmesser	700 Doll.
Der zugehörige Turm von 40′ Höhe	300 -
3 Stahl-Luftbehälter von je 5′ Durchm. und 25′ Länge	450 -
1 doppeltwirkender Luftverdichter	80 -
1 vierpferdige Druckluftmaschine mit Luftanwärmer .	140 -
1 Wasserpumpe mit Anschlüssen	30 -
Rohre, Fittings etc.	100 -
	1800 Doll.

[1]) Engl. Pat. 2299 v. J. 1799.
[2]) Vergl. a. Sc. Am. 1883 Bd. 49 S. 353.
[3]) Iron Age 1893 Bd. 51 S. 299.

Das heißt also, eine Windkraftanlage, welche täglich während 10 Stunden und unter Voraussetzung eines leichten Windes 1,4 PS zu leisten im Stande ist, kostet in deutscher Währung $1800 \cdot 4{,}25 = 7650$ *M*. Dabei ist allerdings eine Einrichtung zur Wasserförderung mit einbegriffen, welche unter gleichen Windverhältnissen in 24 Stunden rd. 409 cbm Wasser auf 15 m Höhe fördert. Die Anlagekosten erscheinen für Leistungen von 1—4 PS allerdings etwas hoch. Indessen kostet der Betrieb nur Schmierung und unerhebliche Instandhaltungsgebühren.

Der Vorschlag, durch die Windräder Federn spannen zu lassen[1]), ist als besonders praktisch nicht zu begrüßen. Dagegen ist die mehrfach, schon vor Jahrzehnten angestrebte Einführung von Gewichtsakkumulatoren keineswegs von der Hand zu weisen. Die meist hohen Maschinentürme schaffen allein schon günstige Gelegenheit zur Unterbringung von Gewichten, welche abwechselnd von der Kraftmaschine gehoben werden und Arbeit leistend sinken. Ob diese Gewichte lose Kugeln sind, die in Becher endloser, an der zu treibenden Welle angreifenden Ketten eingelegt werden, oder an Zugorganen befestigt sind[2]), kann im wesentlichen als gleichwertig erachtet werden. Der Einbau solcher Gewichtsmaschinen in die Türme kann nur die Stabilität derselben günstig beeinflussen. Es ist auch daran gedacht worden, Sand zum Betriebe zu verwenden.

Aus der neuesten Zeit sind die diesbezüglichen Bemühungen von M. Gehre (in Rath bei Düsseldorf) bemerkenswert. Gehre hat die Verbindung von Windmotor und Dynamo im Auge und zum Betriebe der letzteren zwischen Motor und Dynamo ein vom Windrad bewegtes Schaltwerk eingesetzt, welches periodisch ein Gewicht hebt. Und zwar wird nach der ursprünglichen Ausführung[3]) das Schaltrad mittels Sperrklinken in der Weise gedreht, dafs das Windrad während der Rückwärtsdrehung des Schaltrades in Bewegung bleibt, um bei schwächerem Winde für ein neues Anheben unter der Beihilfe seines Beharrungsvermögens stark genug zu sein. Eine neuere Einrichtung Gehres ist aus Fig. 108[4]) ersichtlich. Sie beruht auf dem Gedanken, nach Beendigung der Hebung durch das fallende Gewicht die sich dann stets gleich bleibende Drehung der getriebenen Welle in demselben Drehungssinn wie während der Hebung vollziehen zu lassen. Es sei *a* die von dem Motor getriebene Welle und *b* diejenige Welle, welche mit der Arbeitsmaschine in fester Verbindung steht und sich gleichmäßig drehen soll. Auf dieser Welle *b* sitzt lose das Zahnrad *c*, welches von der Welle *a* durch den Trieb *d* Antrieb in einem Sinne erhält. Andererseits ist auf der Welle *b* das Kettenrad *e* festgekeilt. Letzteres besitzt eine Scheibe *f* mit einem Mitnehmer *g*, welcher in der Bahn der am Zahnrad *c* angelenkten Klinke *h* liegt. Über das

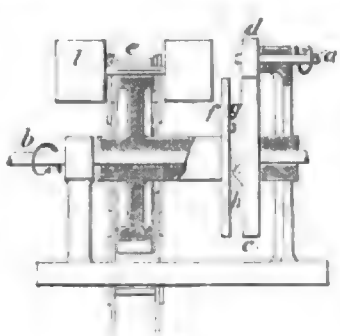


Fig. 108.

[1]) Sc. Amer. 1883 Bd. 49 S. 148
[2]) Sc. Amer. N. S. Bd. 2 S. 242: Lums Tower Acc.; Bd. 5 S. 385 Girandat.
[3]) D. R. P. 113580.
[4]) D. R. P. 118532.

Kettenrad *e* ist eine Kette ohne Ende gelegt, die ein Gewicht *l* trägt und unten über eine nicht dargestellte Führungsrolle geführt ist. Wird die Welle *a* in Richtung des Pfeiles gedreht, so nimmt die Klinke durch den Mitnehmer *g* und die Scheibe *f* das Kettenrad *e* mit und hebt das Gewicht *l*. Dieses ist in der Zeichnung in seiner Höchstlage dargestellt. Wenn das Gewicht sodann fallen kann, so dreht es die Welle *b* in demselben Sinne allein weiter, bis es an seiner durch die Kettenlänge bestimmten tiefsten Lage angekommen ist und wieder gehoben werden mufs. Dabei kann die Drehung der Welle *b* auch rascher, als diejenige der Welle *a* erfolgen, da der Mitnehmer *g* in diesem Falle unter der Klinke *h* wirkungslos hinwegzugleiten vermag, wenn er diese überholen sollte. Es ist ersichtlich, dafs eine gleichmäßige Drehung der Welle *b* nur durch das fallende Gewicht *l* bewirkt werden kann. Denn, während dieses gehoben wird, belastet es zwar den Motor, ohne aber sonst den Gang desselben regelnd zu beeinflussen, so dafs beim Aufwärtsgange des Gewichtes auch die Welle *b* die Schwankungen der Welle *a* mitmacht. Andererseits ist selbst beim Fallen des Gewichtes Voraussetzung, dafs die Welle *b* sich gleichwie oder rascher als die Welle *a* dreht. Sonst nimmt die Klinke *h* den Mitnehmer *g* mit, wodurch der Motor die Fallbewegung des Gewichtes beschleunigt.

Wie bereits bemerkt, sind Gewichtskraftsammler zum Betriebe von Dynamomaschinen geeignet, wenn diese einen gleichmäßigen, direkt zu verwendenden Strom liefern sollen. Es ist auch bereits daran gedacht worden, durch die Windkraftmaschinen Wasserkräfte aufzuspeichern, welche dann in gleichmäßiger Weise Turbinen treiben, die auf Dynamos einwirken. Obgleich hier gegenüber der unmittelbaren Verwendung der Wasserkraft zum Treiben von Arbeitsmaschinen noch die Umsetzung in elektrische Energie in Frage kommt, wird man den sicher gebenden Verlust unter Umständen in Kauf nehmen können, wenn — abgesehen von der Beleuchtung — die Verteilung der elektrischen Energie mit geringeren Anlagekosten verbunden ist, als ein ausgedehntes Rohrsystem. Solche Pläne sind keineswegs ohne weitere Prüfung von der Hand zu weisen. Es dürfte vielmehr angebracht sein, die Aufmerksamkeit der einschlägigen Fachkreise, denen schon die Lösung wirschaftlich weit aussichtsloser erschienenen Aufgaben gelungen ist, auf gelegentliche ernste Erwägungen der in Rede stehenden Art zu lenken.

Einfacher ist es natürlich, die Dynamo vom Windrad ohne Vermittelung eines Kraftsammlers antreiben zu lassen, wenn Stillstände ohne Belang sind. Soll aber die Dynamo mit stets gleicher Umdrehungszahl laufen, so wird eine Regelung erforderlich. Eine solche benutzen z. B. Reuter & Schumann in Kiel. Die Übertragung von der treibenden Welle auf die getriebene Welle, welche die Dynamo beeinflufst, erfolgt mittels konischer Scheiben. Der übertragende Riemen wird durch einen Regler so gestellt, dafs die Tourenzahl der getriebenen Welle in gewissen Grenzen konstant bleibt. —

Eine besondere Regelungseinrichtung wird dann umgangen werden können, wenn die Windkraftmaschine gemeinsam mit einer Dampfmaschine, einer Verbrennungskraftmaschine oder dergl. eine Welle beeinflufst. Dann dient die Maschine mit regelbarer Energiezufuhr zum Ausgleich der Bewegung, indem sie vom Windmotor nach Maßgabe der vorhandenen Windkraft entlastet wird. Wenn aber durch eine solche

Kombination ein wirtschaftlicher Vorteil erzielt werden soll, muſs dafür Sorge getragen werden, daſs der Windmotor nicht von der andern Maschine geschleppt wird. Zu diesem Zwecke haben z. B. Reuter & Schumann eine sogenannte Ausrückscheibe mehrfach verwandt, deren Wirkungsweise in folgendem besteht. Auf die zu treibende Welle ist ein Sperrrad aufgekeilt, mit welchem Sperrklinken durch Federn in Eingriff gehalten werden. Die Klinken sind an den Armen einer Scheibe angelenkt, welche mittels eines Riemens von dem Windrad angetrieben wird. Dieser Antrieb findet statt, solange das Windrad die entsprechende Arbeit zu leisten vermag. In dem Maße aber, wie seine Leistungsfähigkeit sinkt, übernimmt der Petroleummotor die Drehung der Welle, bis schließlich das Sperrrad unter den Klinken hinweggedreht wird.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen die mehrfach hervorgetretenen Bestrebungen, die elektrischen Akkumulatoren bei der Erzeugung elektrischer Energie mit Hilfe der Windkraftmaschinen zu verwenden. Leitet man den elektrischen Strom von der Dynamo erst in die Batterien und entnimmt man dann aus diesen die Energie je nach Bedarf, so kann man die Dynamos offenbar vom Motor direkt antreiben lassen; man hält nur die gleiche Spannung inne und läſst die Ladestromstärke entsprechend der Windkraft sich ändern. Man hat hier eine Analogie mit den Pumpenanlagen, die Wasserreservoire versorgen. — So ist seit 1889 auf der bei Cleveland (Ohio) befindlichen Besitzung von Brush[1]) eine Windkraftanlage in Betrieb, welche Beleuchtungszwecken dient. Das Windrad mifst 16,80 m im Durchmesser, hat 144 Flügel, welche eine Fläche von 162 qm ergeben, und ist 18 m über dem Erdboden in einer Holzkonstruktion gelagert, die sich auf der im Mauerwerk festen und 3,05 m über Boden reichenden Achse drehen kann und hierbei von Rollen gestützt wird. Die Achse hat etwa 35 t zu tragen. Die Einstellung bewirkt ein Steuer von 18 m Länge und 6 m Höhe, während das bekannte Seitensteuer bei zu starkem Winde das Rad parallel zum Steuer dreht, also auſser Betrieb setzt. Die mittels Riemen und Riemenscheiben bewirkte Übersetzung von Windradachse zur Dynamowelle beträgt 1 : 50, so daſs bei der gewöhnlichen Umdrehungszahl des Rades gleich 6,6 in der Min. die Dynamo 330 Touren macht. Bei vollem Winddruck ergeben sich die Umdrehungszahlen zu 10 und 500, in welchem Falle die Dynamo 12 000 Watts liefern soll. Eine selbsttätige Kupplung rückt die Dynamowelle ein, wenn diese 330 Umdrehungen machen kann, und der Gebrauchsstrom stellt sich selbsttätig her, sobald 70 Volt vorhanden sind, wird aber bei 75 V. unterbrochen. Der Strom gelangt nach Passieren von zwei im Boden eingelassenen, ringförmigen Abnehmern zu den im Keller untergebrachten Sammlern (12 Batterien zu je 34 Akkumulatoren). Die Sammler-Batterien sollen 350 Lampen zu 10 bis 50 Kerzen speisen können, von denen allabendlich etwa 100 zur Zufriedenheit brennen.

Auf eine im Jahre 1886 gegebene Anregung des Herzogs von Feltre, Charles de Goyon, wurde zur elektrischen Beleuchtung auf Cap de la Hève bei Hâvre eine Windkraftanlage ausgeführt[2]), bei welcher eine von Schabaver geliefertes Halladay-

[1]) Sc. Am. 1901

[2]) Annales Industrielles 1889 S. 454.

Rad von 18 PS bei 7 m Wind zwei Dynamos (Victoria-Typ von Brush in London) treibt, die Strom für eine Akkumulatorenbatterie erzeugen. Um der wechselnden Leistung des Windrades Rechnung zu tragen, sind zwei verschieden große Dynamos aufgestellt, welche abwechselnd mittels Riemen von einem Deckenvorgelege angetrieben werden. Die Klemmenspannung beider elektrischer Maschinen beträgt 75 V. Die Stromstärke der kleineren schwankt aber mit der Tourenzahl von 100 bis 260 in der Min. in den Grenzen von 8 und 40 Amp., während diejenige der größeren sich bei einer Veränderlichkeit der minutlichen Umdrehungen zwischen 250 und 650 innerhalb der Werte von 40 bis 160 Amp. hält. Ein mit einer Feder und einem Elektromagneten arbeitender Ein- und Ausschalter wirkt nun hierbei selbsttätig in der Weise, dafs er den Antrieb für die große Dynamo ausschaltet und denjenigen für die kleine Maschine einrückt, wenn die Arbeitsfähigkeit des Windrades für eine Stromstärke von 40 Amp. nicht mehr ausreicht. Sinkt diese unter 8 Amp. wird auch die kleine Dynamo ausgerückt. Andererseits erfolgt auch der Übergang vom Antrieb der kleinen zu demjenigen der großen Dynamo selbsttätig.

Auf die interessanten Aufzeichnungen Nansens über seine mit Wind betriebene elektrische Anlage auf der Fram darf hier gleichfalls hingewiesen werden.

Eine Anwendung für Schiffszwecke hat auch der Kegel-Windmotor von Th. Reuter & Schumann gefunden, indem eine Maschine von 5,5 m Raddurchmesser auf Deck S. S. Gauss der Südpolarexpedion aufgestellt worden ist. Die Maschine ist auf einem 5 m hohem Gerüst montiert. Sie leistet bei 7 m Wind 1,75 PS und treibt unter Zwischenschaltung einer Transmission eine unter Deck aufgestellte Dynamo. Die Transmission besteht aus einer mit 110 Umdrehungen laufenden, stehenden Welle von 35 mm Durchmesser und 7,200 m Länge, von welcher die Kraft mittels Kegelräder von $\frac{380}{240}$ Durchmesser auf die wagerechte, mit 170 Umdrehungen laufende Welle von 35 mm Durchmesser und 3,600 m Länge übertragen wird. Von da erfolgt die Weiterleitung durch Riemen von der 800 mm großen Scheibe zu einer solchen von 470 mm Durchmesser, sodafs für die Dynamowelle 300 Touren herauskommen.

Ebenso hat das zur Erforschung der Südpolargegend 1891 entsandte englische Schiff Discovery eine Windkraftmaschine an Bord. Und zwar ist hierzu ein Canadian-Motor der Ontario Wind Engine & Pump Co. in Toronto (Canada) zur Verwendung gekommen. Das Windrad hat 16′ Durchmesser; es soll eine unter Deck aufgestellte Dynamomaschine treiben, welche Strom für elektrische Beleuchtung liefert. Die Aufstellungsweise zeigt Fig. 109; die Aufnahme ist zu einer Zeit gemacht, zu welcher der Discovery noch kurz vor der Ausreise im East India Dock in London lag.

Anstatt die Sammler von vornherein zwischen die Erzeugungs- und die Verbrauchsstelle der elektrischen Energie einzuschalten, wird die Einrichtung auch in der Weise getroffen, dafs die Akkumulatoren Strom nur bei zu schwachem Winde liefern mit zunehmender Leistungsfähigkeit des Windrades hingegen die Ausschaltung der Elemente aus der Stromabgabeleitung erfolgt und die Letztere sowohl wie die Sammler Strom von der Dynamo erhalten. Solche Einrichtungen sind jetzt vielfach bei Zugbeleuchtungen in Anwendung gekommen, bei denen die Wagenradachse den Antrieb

einer Dynamo übernimmt. Und es scheint, als ob die hier ähnliche Wirkungsweise der motorischen Kraft, nämlich ihre Ab- und Zunahme und das zeitweise Aussetzen, auf die Ausbildung der erprobten Systeme für Windmotorenantrieb hingedrängt hat. Freilich liegen im letzteren Falle die Verhältnisse hinsichtlich der Anlagekosten wirtschaftlich ungünstiger und zwar nicht sowohl wegen der Ungleichförmigkeit der Wind-

Fig. 109.

kraft, als vielmehr wenn man bei Bemessung der Akkumulatoren mit langen Ruhepausen des Windes rechnen mufs. Gleichwohl sind bei einigermaßen günstigen Windverhältnissen auch in diesem Zusammenhange annehmbare Erfolge erzielt worden. Vielleicht könnten diese zu einer weitergehenden Verwendung der Akkumulatoren führen, wenn von den Akkumulatorenwerken die Anschaffungskosten dadurch weniger empfindlich gemacht würden, dafs eine allmähliche Deckung der Letzteren nach Maßgabe der bei Windkraftanlagen infolge geringer Betriebskosten möglichen verstärkten Abschreibung stattfände.

Das Dicksche Zugbeleuchtungssystem ist von der inzwischen aufgelösten Akkumulatorenfabrik Wüste & Rupprecht in Baden bei Wien auch für die vorliegenden

Digitized by Google

Zwecke benutzt worden. Bei diesem System ist die Anordnung in der Weise getroffen[1]), dafs zwei Akkumulatorenbatterien gleicher Größe zur Verwendung gelangen. Am Tage werden, sobald die Windgeschwindigkeit 4 m in der Sek. erreicht, beide Batterien geladen. Nachts hingegen wird bei genügendem Winde nur die andere Batterie geladen und gleichzeitig Strom von der Dynamo zur direkten Speisung der Lampen gegeben, während die zweite Batterie zur Ausregulierung der konstanten Lampenspannung dient. Bei ungenügendem Winde oder bei Stillstand des Motors geben beide Batterien Strom über die Lampen ab. In der darauffolgenden Nacht wird diejenige Batterie, welche in der Vornacht auf Ladung geschaltet war, zum Ausgleich der konstanten Lampenspannung benutzt, während die andere Batterie auf Ladung gestellt wird. Die für diesen Betrieb erforderliche Schaltungen bewirkt besonders ein Umschalter. Eine derartige Anlage ist z. B. in Mährisch-Meißkirchen (Böhmen) zur Ausführung gelangt. Auch sollen die österreichischen Schuckert-Werke Anlagen in ähnlicher Weise installieren.

Eine für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen zugeschnittene selbsttätige elektrische Antriebsvorrichtung von W. Stockmeyer in Frankfurt a. M.[2]) ist ohne weiteres auch für die Windkraftanlage anwendbar. Es sind hier ein Stromerzeuger und zwei Sammler angenommen, von denen abwechselnd der eine durch den Stromerzeuger geladen, der zweite aber auf die Lichtleitung entladen wird. Die Einrichtung ist so getroffen, dafs ein Elektromagnet beim Wachsen der Spannung des ersten Sammlers zwecks Vermeidung einer schädlichen Überladung in den Energiestromkreis der Dynamo einen Widerstand einschaltet, dagegen bei Stillstand derselben, oder sobald sie abgeschaltet wird, oder ihre Spannung sinkt, einen Umschalter beeinflufst. Dieser stellt den entladenen Sammler an Stelle des geladenen für die Ladung bereit, verbindet aber den geladenen mit der Lichtleitung (Fig. 110). Die Dynamomaschine *a*, deren Spannung durch beliebige Mittel von der Tourenzahl in weiten Grenzen unabhängig gemacht ist, wird von der Radachse angetrieben. Der selbsttätige Ausschalter *b* verbindet den einen Pol der Maschine nach Erreichung der Lampenspannung über die Leitungen I und II mit der Schleiffeder *c* und der Spule *g* des Elektromagneten *t*. Das andere Ende der Spule liegt an der Schleiffeder *d*. Der zweite Pol der Dynamo ist durch die Leitung III mit dem Lampenschalter *h* und den Sammlern *i* und *k* verbunden. Die Erregung der Maschine ist von dem Ausschalter *h* über die Leitung IV so abgezweigt, dafs die Dynamo nur dann Strom gibt, wenn das Licht eingeschaltet ist. In die Leitung IV ist der Widerstand *l* eingeschaltet. Dieser ist durch die

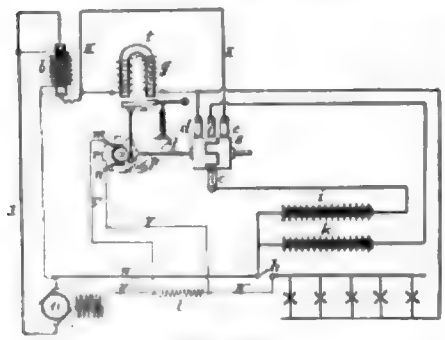


Fig. 110.

[1]) Zeitschr. f. Elektrotechnik, Wien 1899 S. 403.
[2]) D.R.P. 134 347.

Digitized by Google

Leitung V, die Schleiffedern *m* und *n*, sowie durch die Kontakte der Walze *o* in der gezeichneten Stellung derselben kurzgeschlossen. Die Walze *o* und der Hebel *p* sind auf die Welle *q* aufgekeilt, während das Sperrad *r* sich mit der Kontaktwalze *s*, mit der es fest verbunden ist, lose auf der Welle dreht. An den Hebel *p* greift der Anker des Elektromagneten *t* an. Diese Einrichtung arbeitet nun in folgender Weise: Sobald das Rad und somit die Dynamomaschine *a* eine solche Geschwindigkeit erreicht, dafs sie die Lampenspannung gibt, tritt der selbsttätige Einschalter *b* in Tätigkeit. Der größte Teil des Maschinenstroms geht dann infolge des Widerstandes der Spule *g* über die Schleiffedern *c* und *e* zum Sammler *i*. Ein kleiner Teil geht durch *g* zu den Lampen. Den Rest des für die Lampen notwendigen Stromes gibt der Sammler *k* über die Federn *d* und *f*. Wenn nun infolge der Ladung die Spannung am Sammler *i* und an der Maschine steigt, so nimmt der Strom in der Spule *g* rasch zu, bis der Anker des Elektromagneten *t* angezogen und die Kontaktwalze *o* so gedreht wird, dafs die Schleiffeder *m* isoliert und in die Erregung der Widerstand *l* eingeschaltet wird. Dadurch sinkt die Maschinenspannung so weit, dafs der Sammler *i* nur mit einem schwachen Strome weiter geladen wird. Sobald das Rad langsam läuft, schaltet der selbsttätige Schalter *b* die Maschine ab. Für eine kurze Zeit geht dann noch ein kleiner Strom vom Sammler *i* durch die Spule *g*. Wenn sich aber seine Spannung mit der des Sammlers *k* nahezu ausgeglichen hat, und Spule *g* fast stromlos geworden, fällt der Anker ab. Eine vom Hebel *p* getragene Sperrklinke nimmt das Rad *r* mit und dreht die Walze *s* um 60°, so dafs nun die geladene Batterie *i* über die Schleiffedern *e* und *d* mit den Lampen verbunden ist, während die entladene Batterie *k* anstelle von *i* über die Schleiffedern *f* und *c* bei der nächsten Fahrt geladen wird. Zugleich ist der Widerstand *l* wieder kurzgeschlossen. Wie sehr diese Einrichtung bezüglich ihrer Empfindlichkeit beispielsweise einer Vorrichtung überlegen ist, bei welcher die Wicklung des Elektomagneten aus einer Spannungsspule besteht, die an die Klemmen der Dynamomaschine zu legen wäre, sei an folgendem Zahlenbeispiel gezeigt: Der Widerstand der Spule *g* betrage 4 Ohm, die Spannung an den Lampen 32 und an der Maschine 40 Volt. Der Strom in der Spule *g* ist dann $\frac{40-32}{4} = 2{,}0$ Ampere. Steigt nun die Maschinenspannung auf 41 Volt, so beträgt der Strom $\frac{41-32}{4} = 2{,}25$ Amp. Bei einer Spannungserhöhung von nur 2,5 % ist also der Strom und damit die Anzahl der Amperewindungen um 12,5 % gestiegen. Bei Verwendung einer Spannungsspule würde dagegen bei dem angenommenen Spannungszuwachs die Zahl der Amperewindungen nur um 2,5 % vergrößert sein. Die Empfindlichkeit der beschriebenen Vorrichtung ist in diesem Falle fünfmal so groß als wie bei den anderen Apparaten.

Nach Mitteilungen der Akkumulatoren-Werke System Pollack A.-G. in Frankfurt a. M. haben diese ihr für Zugbeleuchtungen bewährtes System zusammen mit der Firma Friedländer & Co. in Wien auch schon für Windmotorenbetrieb verwandt. Die Gesellschaft verbindet bekanntlich eine von Vicarino angegebene Dynamomaschine mit Gegencompoundwicklung mit einer Akkumulatorenbatterie und zwar mittels eines eigenartigen und selbsttätigen Einschalters, bei genügender Spannung an der Maschine.

Die Akkumulatorenfabrik A.-G. in Hagen i. W. berichtet über das Elektrizitätswerk Büsum, bei welchem ein Windrad von 14 m Durchmesser mit 5 m-Wind 10 Umdrehungen und bei 7 m-Wind deren 18 in der Min. macht. Hier scheinen fehlerhafte Einrichtungen zu Erfolgen nicht geführt zu haben, so dafs ein Petroleummotor die Ladung der Batterie besorgt. Dagegen ist gleichfalls auf Büsum eine kleinere Anlage zur Lieferung von Strom für einen Scheinwerfer in Betrieb. Es wird eine Batterie von 36 Elementen von 64 Amp.-Stunden bei 10stündiger Entladung (von Böse & Co.) vom Windmotor geladen, eine Reserve ist nicht vorhanden. In diesem Falle wird ein im Turm senkrecht eingebautes Kettenvorgelege von dem Windrad von 10 m Durchmesser angetrieben. Mittels dieses Kettenvorgeleges wird ein Gewicht gehoben und gesenkt. Hat das Gewicht den tiefsten Punkt erreicht, so wird der Ausschalter ausgeschaltet und die Ladung unterbrochen; der Windmotor hebt dann lediglich das Gewicht. Dieses nahm z. Z. 35—40 Sekunden in Anspruch. Hat das Gewicht den höchsten Punkt erreicht und geht es wieder nach unten, so unterstützt dasselbe den Gang des Motors, der entsprechend mehr Umdrehungen macht. Der Ausschalter wird eingeschaltet und die Ladung der Batterie erfolgt. Diese dauerte ca. 25—30 Sekunden; und so wiederholt sich das Spiel. Bei 6—6½ m Windgeschwindigkeit wurden 7 bis 10 Amp. bei 76—82 Volt erzeugt. Bei einer Windgeschwindigkeit von 4 m soll die Ladung der Batterie in 12 Stunden, bei 5—6 m in ca. 9 Stunden und bei 7 m in 6 Stunden erfolgen. Letzere Windstärke soll meistens vorhanden sein und deshalb die Anlage gut funktionieren.

Es werden also hier unter der vereinten Wirkung der fallenden Gewichte und des Windmotors bei 6—6,5 m-Wind 500—800 Watt erzeugt. — In einer weiteren kleinen Anlage in der Nähe von Hamburg wird die Batterie durch ein von der Windturbinengesellschaft in Dresden gestelltes Windrad geladen, welches bei einem Durchmesser von 5½ m und 4—5 m Windgeschwindigkeit 34—36 Touren macht und ca. 1¼ PS leistet. Bei 5—6 m Wind soll sich die Leistung auf ca. 2 PS erhöhen. An der Schaltung ist bemerkenswert ein automatisch arbeitender Schalter, der bei einer regelbaren Minimalspannung ausgeschaltet und bei einer höheren Spannung den Stromkreis schließt. Geregelt wird an einem Hebel mittels eines Laufgewichtes. Die Schaltanlage ist von Voigt in Dresden geliefert und stellt den Besitzer zufrieden. Da die Maschine bei der zur Ladung der Batterie nötigen hohen Spannung nur wenig Ampère gibt, so wurde die Batterie in 2 Hälften geteilt, die nacheinander geladen werden. Die Batterie ist so groß gewählt, dafs sie in der Lage ist, allein während 5 Tage den Strom für die Beleuchtung zu liefern. Versagen Wind und Batterie, so wird Petroleum gebrannt.

Die Akkumulatoren- und Elektrizitätswerke A.-G. vorm. W. A. Boese & Co. in Berlin hat übrigens des öfteren Sammler für Windkraftanlagen geliefert und dabei, wie sie angibt, gute Erfahrungen gemacht, da die Gesellschaft Akkumulatoren mit geringster Selbstentladung, welche wegen der oft aussetzenden Windkraft erwünscht sind, besonders ausgebildet hat.

Es werde eine Windkraftanlage angenommen, bei welcher das Windrad von 20′ Durchmesser durchschnittlich täglich 8 Stunden mit einer Leistung von 1 PS arbeitet, um Energie für eine täglich 4 Stunden in Anspruch genommene Beleuchtung zu liefern, also um eine Batterie zu laden, welche während 4 Stunden 2 PS abgibt. Rechnet man auf die Pferdestärke 8 sechzehnkerzige oder 10 zwölfkerzige Glühlampen, so würden in den 4 Stunden 16 der ersteren oder 20 der letzteren Art Lampen gespeist werden können. Man erhält nach einer amerikanischen Schätzung[1]) als Kosten:

Windrad von 20′ Durchmesser	700	Doll.
Eiserner Turm von 40′ Höhe	300	-
1 (8 Lampen-) Dynamo mit Regler	250	-
Zutaten, Leitungen etc.	25	-
1 Batterie für 16 Lampen und 5 Stunden . .	200	-
20 Lampen nebst Zubehör	40	-
1 Pumpe, Wasserbehälter, Rohre	200	-
	1715	Doll.

Demgegenüber würde ein Windrad von 30′ Durchmesser Energie für 32 sechszehnkerzige Lampen liefern. Die Kosten aber ändern sich in:

Windrad von 30′ Durchmesser	900	Doll.
Eiserner Turm von 50′ Höhe	500	-
1 Dynamo von 3,5 PS nebst Regler	300	-
Zutaten, Leitungen etc.	50	-
1 Batterie für 42 Lamper und 6 Stunden . .	300	-
40 sechzehnkerzige Lampen nebst Zubehör .	60	-
1 Pumpe, Wasserbehälter, Rohre	225	-
	2335	Doll.

Bei Verdoppelung der Leistungsfähigkeit wachsen die Mehrkosten der Anlage nach dieser Aufstellung also nur um rund 36 %.

Indes ist man mit Erfolg auch zu einer weitergehenden Verwendung der Winddynamo — wenn diese Bezeichnung im Gegensatz zur Dampfdynamo gebraucht werden darf — geschritten. So wurde ein einjähriger (vom 10. 9. 00 bis 10. 9. 01) Dauerversuch[2]) in Wittkiel bei Kappeln (Schleswig-Holstein) mit einer Anlage gemacht, die aus einer Windturbine (wagerechtes Windrad der früheren Fabrik von Neumann in Wittkiel-Kappeln) und einer mit Übersetzung angetriebenen langsam laufenden Stahldynamo (der El.-Ges. Gustav Conz in Hamburg) bestand, die zunächst eine von der Akkumulatoren-Fabrik A.-G. in Hagen gestellte Batterie zu laden hatte. Die letztere hatte vornehmlich die Aufgabe, den Vorrat von Elektrizität für die Beleuchtung der Fabrik und der Ortschaft aufzuspeichern, aber auch an windstillen Tagen die Maschinen der Fabrik in Einzelantrieb bezw. mit dem Windmotor gekuppelt, d. h. zusammen-

[1]) Iron Age 1893. Bd. 51. S. 300.
[2]) Elektr. Anzeiger 1900 Bd. 170. 2532.

Digitized by Google

arbeitend, zu treiben. Die Windturbine hatte einen Durchmesser von 12 m bei einer wirksamen Fläche von 100 qm. Die Flügeleinstellung erfolgte selbsttätig durch den Winddruck. Der Motor machte rd. 11 Umdrehungen in der Min. und leistete je nach Windstärke 1—30 PS. Die 30pferdige Nebenschluſs-Dynamo von 160 Volt, 120 A. und 700 minutl. Umdrehungen konnte ihren Strom über ein Conzsches Schaltbrett sowohl nach der Batterie von 66 000 Wattstunden Kapazität, als auch nach beliebig angeschlossenen Elektromotoren liefern. Die Fabriktransmission beanspruchte täglich 7 PS während 10 Std.; die Beleuchtungsanlage zählte 30 Glühlampen zu 16 HK. Es hatte sich ergeben, daſs bei 2 m Windgeschwindigkeit in der Sekunde die Windturbine unbelastet mit voller Geschwindigkeit lief. Bei 2,5 m Windgeschwindigkeit konnte die Spannung der Dynamo bis zur Akkumulatorenspannung gebracht und die Dynamo mit der Batterie gekuppelt werden. In diesem Falle bestand ein Gleichgewichtszustand zwischen Turbine und Batterie, welche bald an erstere Energie abgab, bald von ihr Energie erhielt. Und von 3 m Windgeschwindigkeit konnte schon dauernd geladen werden, bei steigender Windgeschwindigkeit mit jeder gewünschten Stromstärke. Die Beleuchtung ließ Mängel nicht erkennen. Auch der direkte Lichtbetrieb mit 110 Volt wurde erprobt, wobei die Batterie als Bufferbatterie parallel geschaltet wurde. Dann brannte das Licht gleichfalls ruhig; der Spannungsanzeiger wies nur Druckschwankungen von weniger als 1 Volt auf und zwar in langgezogenen Intervallen. Diese Ruhe wurde zum erheblichen Teil dem Gewicht der Windturbine zugeschrieben, welches regelnd mitwirkte. Über die Schaltung schrieb Conz[1]): Ein selbsttätiges Aus- und Einschalten des Dynamoankers hat sich nicht nötig gezeigt, weil der für zeitig etwas nachlassenden Wind erforderliche Strom, welcher dann der Batterie entnommen wurde, um die Windturbine in voller Fahrt zu halten, so gering war (ca. 5 A.), daſs der Anker von Anfang der Ladung an dauernd mit der zu ladenden Batterie über einen Hauptstromregler hinweg verbunden bleiben konnte. Die Elektromagnete der Dynamo wurden dauernd von der Batterie gespeist, und zwar ist der + Pol fest mit der Batterie verbunden, während der — Pol am Ladezellenschalter angeschlossen ist. Durch diese Schaltung ist eine Selbstregelung der Dynamospannung gewährleistet, welche jede umständliche und zeitraubende Nachregelung der Spannung von Hand oder durch Automaten während der Ladezeit überflüssig macht. Ein selbstthätiger Zellenschalter für Entladung sorgt für Kraftentfaltung der 110 Volt Lichtspannung, sowohl beim Laden als beim Entladen. Kleine Motoren werden an die Lichtleitung geschaltet, größere an besondere, von den Dynamoklemmen abgezweigte Leitungen angeschlossen. Die Dynamoklemmen sind für eine mittlere Spannung von 140 Volt eingerichtet und haben Anlasser mit Tourenregelung.

Als Ergebnisse der Conzschen Versuche werden folgende Punkte angegeben[2]):

1. Man hatte die vornehmlich zwecks Kraftabgabe an die Fabriktransmission angeschlossene Bufferbatterie nur in die Dynamoleitung einzuschalten nötig, um ihre

[1]) l. c. S. 2639.
[2]) l. c. 1901 S. 2667.

Digitized by Google

Aufladung zu bewirken, die keiner Wartung bedurfte; erst die ganz voll geladene Batterie wurde entweder ausgeschaltet oder als Buffer parallel geschaltet gelassen ohne eigentliche Ladung, wobei der Windmotor gleichmäßig umlief, ohne dafs eine Regelung am elektrischen System stattfand.

2. Das Windrad machte seine 11 Umläufe praktisch genau fort, gleich ob Wind aufkam oder bis zur Stille abflaute. Im ersteren Falle regelte das Conzsche Steuergetriebe ab, im letzteren gab der große Akkumulator Energie ab.

3. Es wurde unter Mitwirkung der großen Batterie, insbesondere bei konstantem Winde, ruhiges elektrisches Glüh- und Bogenlicht erzeugt, wobei höchstens $^1/_2$ Volt Spannungsdifferenz und zwar nur in langgezogenen Zeitabschnitten auftrat.

4. Während des Fabrikbetriebes am Tage vermochte man nur am Stromrichtungsanzeiger zu erkennen, ob die Fabrik gerade aus Wind oder aus Wind und Elektromotor oder rein aus der Batterie Kraft erhielt.

5. Nur bei vollkommener Windstille war das Windrad Arbeit verzehrend, beim leisesten Windzuge lief es neutral und mit voller Geschwindigkeit um und setzte bei entsprechend starkem Winde sofort Arbeit leistend ein. Dabei fand die Entlastung der Batterie und schliefsliche Ladung derselben statt, indem die Fabrik Energie aus Wind erhielt und noch elektrische Energie aufgespeichert wurde.

6. Automatische Schaltvorrichtungen wurden nicht benutzt; sie hätten nur störend eingegriffen. Das angewandte System der Schaltung war ein in sich selbst in Ruhe beharrendes und bedurfte auch keiner Regelung von Hand. Für Beleuchtungszwecke könnte man jedoch, wenn ruhiges Licht bei unregelmäßigem Winde direkt aus Wind erzeugt werden soll, automatische Zellenschalter verwenden.

7. Mit Hülfe einer großen Batterie läfst sich das Windrad ununterbrochen in Betrieb halten. Wichtig sind aber in diesem Falle nicht versagende Schmiervorrichtungen. Häufig dient gerade in der Nacht aufkommender Wind zum Laden der Batterie.

An 365 Versuchstagen soll die Anlage nie versagt, ja an vielen Tagen das Zwei- und Dreifache an Energie geleistet haben. In einer windreichen Gegend vermag also die Einrichtung die verlangten 7 PS für den maschinellen Betrieb und im Winter die zusätzlichen 3 PS für die Beleuchtung, also zusammen 10 PS, zu leisten. — Für den Windmotor bemerkenswert ist es, dafs er schon mit 2,5 m-Wind volle Klemmenspannung an der Dynamo erzeugte und seine Leistungsfähigkeit bis zum Dreifachen der benötigten Pferdestärken gesteigert werden konnte.

Schlufsbetrachtungen.

Weniger die Unregelmäßigkeit, als das zeitweise Aussetzen der Windkraft stellte sich der Ausnutzung dieser unerschöpflichen Energiequelle hinderlich entgegen. Die ständig gewachsenen Anforderungen an Leistungsfähigkeit der Betriebe und Güte

der Erzeugnisse haben das ihrige dazu beigetragen, das Windrad gegenüber den Kraftmaschinen, bei denen die Arbeitsmittelzufuhr dem Bedarf entsprechend geregelt werden kann, zurückzudrängen. Dazu kommt, dafs mehr und mehr die Zusammenlegung der kleineren gewerblichen Betriebe zu großen industriellen Anlagen erfolgte, welche starke maschinelle Betriebskräfte beanspruchen. Überdies konnte die Beobachtung gemacht werden, dafs mit der Centralisierung der Fabrikation auch das wirtschaftlichen und sozialen Verhältnissen entsprossene Bestreben hervortrat, die zur Erzeugung der großen Betriebskräfte notwendigen Anlagen auf die kleinste Bodenfläche zu beschränken. In dieser Beziehung hat allerdings die Windkraftmaschine versagen müssen. Dabei ist jedoch zu bemerken, dafs man diese aufzugeben anfing, als die Technik noch nicht in der Lage war, mit Erfolg kleinere, zersplitterte Naturkräfte zu großen Leistungen zu vereinigen und in unregelbaren Mengen gelieferte Energie in praktisch verwertbare Formen umzusetzen.

Heute ist dies anders. Heute hat sich aber auch aus den sozialen Verhältnissen die Notwendigkeit heraus entwickelt, die billige Windkraft in größerem Maßstabe zur Arbeitsleistung heranzuziehen. Selbstverständlich setzen große Windkraftanlagen, welche weite Ländergebiete umfassen, auch ein systematisches Zusammenwirken der beteiligten Kreise voraus. Dafs es seine Schwierigkeit hat, viele Köpfe unter einen Hut zu bringen, soll ohne weiteres zugegeben werden. Allein die stets stärker hervortretende Forderung nach Verbilligung der Arbeit wird mit der Zeit lehren auch diese Schwierigkeit zu überwinden. Die Natur stellt uns ja im Grunde genommen doch nur 3 Mittel zur Verfügung, aus denen wir Arbeit schöpfen können, nämlich die Kohle (mit ihren Vorprodukten), das bewegte Wasser, welches zugleich die einzige praktisch brauchbare Form der Arbeitsleistung durch die Schwerkraft verkörpert, und endlich den Wind. Und wie lange hat es gedauert, bis man angefangen hat die ganz unregelmäßig fließenden Wassermengen gewerblich zu verwerten, der Vernichtungsarbeit zeitweiser Niederschläge zu begegnen und diese zum Nutzen zusammenzufassen. Noch im Jahre 1870 hat Reuleaux in Frankfurt a. M. auf die Notwendigkeit der Talsperren hinweisen können, ohne verstanden worden zu sein. Erst mehr als anderthalb Jahrzehnte später brach sich eine allgemeinere Erkenntnis von der Zweckmäßigkeit, ja volkswirtschaftlichen Notwendigkeit solcher Regelung zwischen Wasserzufluſs und -Abfluſs Bahn.

In Europa hatte um die Mitte des verflossenen Jahrhunderts der Bau der Windräder gegenüber der außerordentlichen Pflege der anderen Kraftmaschinen merkliche Fortschritte nicht zu verzeichnen. Auch in den Vereinigten Staaten war er im Jahre 1860 recht unbedeutend. Dann hat man aber dort die Bedeutung der Windkraft als Arbeitsmittel neu erfafst und ist entschlossen an die Ausbeutung derselben in großem Maßstabe herangetreten. Auf dem ungeheuren Plateau, welches sich zwischen dem Mississippital, den Rocky-Mountains und dem Golf von Mexiko erstreckt, und wo man Wasser nur in 30–50 m Tiefe antrifft, haben die Windkraftmaschinen für die Viehzucht unermefsliche Dienste geleistet. Dem Bedarf entsprach aber auch das rasche Aufblühen der einschlägigen Industrie. Nach einer Schätzung vom Jahre 1895

waren in Amerika 200 Fabrikanten vorhanden, welche etwa 9 Mill. Doll. jährlich in Windkraftanlagen umsetzten. Und in Nebraska trifft man eine Unzahl von Windrädern der verschiedensten Bauweisen, meist von Hand zusammengezimmert.

Wo sich kulturelle Bestrebungen geltend gemacht haben, ist die Windkraftmaschine eingeführt worden; dafs dies mit Erfolg geschehen, lehrt die rasch wachsende Aufnahme, welche dieser Maschine zuteil geworden ist. Mögen die weiten Gefilde Südamerikas in Betracht kommen, mag es sich darum handeln, die Bodenschätze afrikanischer Kolonien zu pflegen und zu verarbeiten oder gleiche Dienste in Asien zu leisten — überall begegnet man einer merklichen Zunahme in der Verwertung des Windes, aber auch einem leider zu wenig beachteten steigenden Bedürfnisse, die Arbeiten vom Wind besorgen zu lassen. Die Ausfuhr europäischer, insbesondere deutscher, französischer und englischer Fabrikanten, macht sich als eine für das einheimische Gewerbe vorteilhafte Folge dieser Bedürfnisse geltend. In diesem Zusammenhange ist das von dem amerikanischen Konsul Raondal in Beirut unterm 7. Dezember 1899 an eine Firma in Indiana gerichtete Schreiben von Interesse, welches auf die bedeutsame Wirksamkeit europäischer Windräder in jener Gegend hinweist und die Einführung amerikanischer Maschinen zur Bewässerung, für Müllereizwecke u. dgl. m. empfiehlt. Amerikanische Unternehmer beschäftigen sich gegenwärtig auch damit, Indien, wo die Windverhältnisse recht günstig sind, als großen Markt für Windkraftmaschinen zu erschließen, die Bewässerungszwecken dienen sollen.

Es ist in den voraufgegangenen Abschnitten dargetan worden, dafs das Windrad nicht allein in landwirtschaftlichen Betrieben, sondern auch in den verschiedensten Gewerbszweigen, auch zur Erzeugung von Elektrizität mit Vorteil Verwendung gefunden hat. Enttäuschungen sind natürlich nicht ausgeblieben. Jedoch sind diese auf Umstände zurückzuführen, die bei sachlicher Erwägung hätten vermieden werden können, denen zu begegnen die vorliegenden Erfahrungen gestatten. Mit der Eigenartigkeit des Treibmittels mufs selbstverständlich gerechnet werden. Wo eine ausreichende Beobachtung den Mangel an Wind ergibt, würde es sinnlos sein, durch diesen Maschinen betreiben zu wollen. In den seltensten Fällen wird man aber zu diesem Ergebnis gelangen. Und wenn man für eine benötigte Arbeit eine Maschine wählt, welche diese Leistung schon bei etwa 2,5 m Windgeschwindigkeit aufweist, andrerseits aber auch die bei stärkerem Winde sich ergebende überschüssige Energie für die Zeit der Windstille oder zu gelegentlichen höheren Anforderungen sammelt, so lassen sich Störungen im Betriebe vermeiden und gegenüber den Betrieben mit Wärmekraftmaschinen wirtschaftliche Vorteile erzielen.

Insbesondere kann aber nicht eindringlich genug empfohlen werden, die Windkraftmaschine zur Beschaffung von Wasser für kleinere und mittlere Gemeinden im weitesten Maße heranzuziehen, und zwar sowohl zu Bewässerungen, als auch zur Versorgung der Haushaltungen. Solchen Anlagen wird in den meisten Fällen eine Rentabilität zuzusichern sein, um so mehr, als der Betrieb einer Wartung nicht bedarf. Dann verursacht es aber auch nur geringe Mehrkosten, um die Anlage so auszubauen,

dafs sie namentlich zu Zeiten, in denen die landwirtschaftlichen Arbeiten im wesentlichen ruhen, Betriebskraft, etwa in Form von Druckwasser, für häusliche Gewerbe und allenfalls für eine elektrische Beleuchtung herzugeben vermag. Es wird hierdurch die Möglichkeit geschaffen, verfügbare menschliche Kräfte in nutzbringender Weise zu beschäftigen. Daraus müssen sich jedoch für die Landgemeinden soziale Vorteile ergeben, welche die Einführung der Windkraftmaschine entschieden befürworten.

Nachtrag.

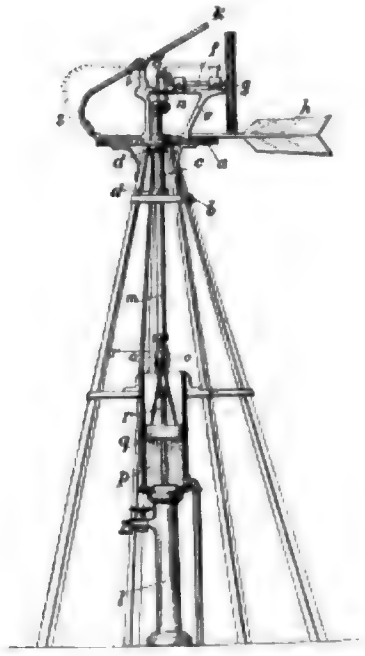


Fig. 79a.

Die versehentlich weggelassene Fig. 79a läfst die Ausrückvorrichtung von Peter Mitsch erkennen, welche auf S. 424/425 (Heft 10 Jahrg. 1903) beschrieben ist.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

I. Angelegenheiten des Vereins

Preisaufgabe und Honorarausschreibung

des

Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes,

betreffend Untersuchung von Explosionen und Zersetzungen, welche bei Acetylen ohne nachweisbare äußere Einwirkung auftreten.

(Lösungstermin: 15. November 1905.)

Dreitausend Mark und die silberne Medaille für die beste auf experimenteller Grundlage beruhende Arbeit betreffend die Untersuchung von Explosionen und Zersetzungen, welche bei Acetylen ohne nachweisbare äußere Einwirkung auftreten. Vorgekommene Unfälle sind hierbei soweit als tunlich zu berücksichtigen.

Motive: Bei Entwicklung von Acetylengas aus Carbiden oder bei Aufspeicherung und Verbrauch des Gases sind mehrfach Zersetzungen und Explosionen auch ohne nachweisbare äußere Einwirkung vorgekommen. Es soll durch experimentelle Untersuchungen festgestellt werden, welches die Ursachen dieser Erscheinungen sind, besonders inwieweit die Gegenwart von Verbindungen des Phosphors, des Schwefels, des Siliciums und des Stickstoffs in den Carbiden und im Acetylengas und namentlich die Bildung von Metallacetyliden hierbei mitwirkt.

Digitized by Google

II. Abhandlungen.

Anwendung der neueren Methoden der Festigkeitslehre auf einige Beispiele aus dem Maschinenbau.

Von Regierungs-Baumeister H. von Glinski.

Im Folgenden sollen einige Aufgaben aus den Festigkeitsrechnungen des Maschinenbaus nach den von Castigliano und Maxwell bedrundeten neueren Methoden der Festigskeitslehre berechnet werden, deren Anwendung bei Maschinen-Ingenieuren wenig üblich ist, indessen infolge ihre Übersichtlichkeit vorteilhaft sein dürfte.

Grundlegend ist dafür die Berechnung von Formänderungen aus Arbeitsgleichungen. Dies bedeutet allgemein eine wesentliche Vereinfachung, weil nur eine Integration erforderlich ist, während die Ableitung einer Durchbiegung aus der allgemeinen Differentialgleichung der elastischen Linie doppelte Integration verlangt.

Zunächst seien im Interesse eines raschen Überblicks die Grundlagen der folgenden Rechnungen kurz angegeben.

Nach Castigliano ist die Formänderung im Sinne einer Belastung, d. h. die Verschiebung des Angriffspunktes einer Kraft im Sinne dieser oder der Drehwinkel eines Konstruktionsteils im Sinne eines daran angreifenden Moments, gleich der partiellen Ableitung der Formänderungsarbeit nach der Belastung, d. h. nach der Kraft oder dem Moment. Das gibt bei bekannten Kräften die Formänderung; andererseits kann man daraus statisch unbestimmte Kräfte berechnen, indem man für die Formänderungen dem System entsprechende Werte, z. B. 0 einsetzt.

In einem Stab mit grader Achse ist die Formänderungsarbeit infolge von

$$\text{Normalkräften} = \alpha \cdot \int \frac{N^2 \cdot ds}{2 \cdot f}$$

$$\text{Biegungsmomenten} = \alpha \cdot \int \frac{M_b^2 \cdot ds}{2 \cdot J}$$

$$\text{Torsionsmomenten} = \beta \cdot \int \frac{M_t^2 \cdot ds}{2 \cdot J'}.$$

Digitized by Google

Darin ist J' für Torsionsmomente bei einem Kreise vom Durchmesser d

$$J' = \frac{\pi}{32} \cdot d^4$$

bei einem Rechteck mit b und h als Seiten nach den Entwicklungen von Bach

$$J' = \frac{5}{18} \cdot \frac{b^2 \cdot h^2}{b^2 + h^2}$$

Der Einfluſs der Schubkräfte soll, wie allgemein üblich, vernachlässigt werden. Die Bezeichnungen in den Ausdrücken sind die in der Festigkeitslehre üblichen. Wesentliche Vereinfachungen ergibt in vielen Fällen der Satz von Maxwell

$$\delta_{mn} = \delta_{nm},$$

d. h. δ_{mn}, die Formänderung am Punkte m, im Sinne einer dort angreifenden Belastung, aber hervorgerufen allein durch eine am Punkte n angreifende Belastung $= 1$ ist ebenso groß wie δ_{nm}, die Formänderung am Punkt n im Sinne der dort angreifenden Belastung, aber hervorgerufen allein durch den Wert 1 der in m angreifenden Belastung.

Die Anwendung dieser Sätze auf die Berechnung frei aufliegender Stäbe mit Einzellasten, z. B. von Wellen soll zunächst allgemein erörtert werden.

Die Formänderung δ im Sinne einer Belastung P ist

$$\delta = \int N \cdot \frac{\partial N}{\partial P} \cdot \alpha_x \cdot \frac{\partial x}{F_x} + \int M_b \cdot \frac{\partial M_b}{\partial P} \cdot \alpha_x \frac{\partial \alpha}{J_x} + \int M_t \cdot \frac{\partial M_t}{\partial P} \cdot \beta_x \cdot \frac{d_x}{J'_x}.$$

Bei allen Entwicklungen wird das Gesetz von Hooke, also Proportionalität zwischen Spannungen und Dehnungen angenommen; daher sind N, M_b und M_t linear von P abhängig und $\frac{\partial N}{\partial P}$ und $\frac{\partial M}{\partial P}$ gleich N_p und M_p für $P = 1$. Für Einzellasten ist die graphische Darstellung der Werte für N und M über der Stabachse ein Zug von graden Linien. Weiterhin soll beispielsweise nur das Biegungsmoment behandelt werden, da Normalkräfte bei der Berechnung von Wellen sehr selten zu berücksichtigen sind und Torsionsmomente nach den für Biegungsmomente entwickelten Formeln ohne weiteres behandelt werden können.

Die Integration kann man jedes Mal nur über solche Strecken vornehmen, auf denen die Werte für M, $\frac{\partial M}{\partial P}$ oder M_p und für J_x sich stetig ändern, bei konstant angenommenem α.

Der Umfang der Welle soll nur aus Zylindern und Kreiskegeln gebildet sein, eine Annahme, die für alle praktischen Fälle genügt.

So ergeben sich die durch Fig. 1 dargestellten Grundlagen der Berechnung.

Darnach ist

$$M_x = M_1 + \frac{x}{l} \cdot (M_2 - M_1)$$

$$M_{Px} = M_{P1} + \frac{x}{l} \cdot (M_{P2} - M_{P1})$$

$$J_x = \frac{\pi}{64} \cdot d_x^4 = \frac{\pi}{64} \left[d_1 + \frac{x}{l} \cdot (d_2 - d_1) \right]^4.$$

Die von den Biegungsmomenten auf der Strecke l herrührende Formänderung

$$\delta_{Mt} = \int_0^l \left[M_1 + \frac{x}{l} \cdot (M_2 - M_1)\right] \left[M_{t1} + \frac{x}{l}(M_{t2} - M_{t1})\right] \cdot \alpha \cdot dx$$
$$\frac{\pi}{64} \left[d_1 + \frac{x}{l} \cdot (d_2 - d_1)\right]^4.$$

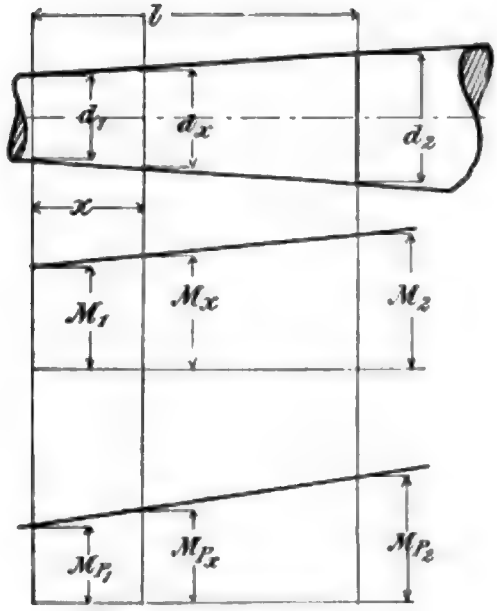


Fig. 1.

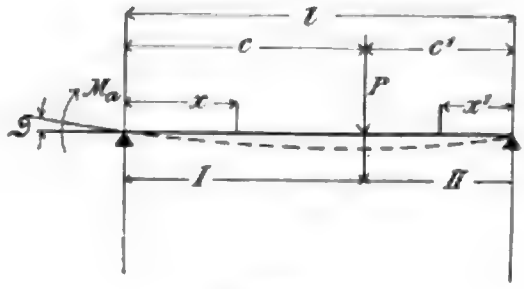


Fig. 2.

Die Integration ergibt nach einigen Umformungen

$$\delta_{Mt} = \frac{64 \cdot l \cdot \alpha}{6 \cdot \pi \cdot d_1^3 \cdot d_2^3} [d_2^2 \cdot 2 M_1 \cdot M_{t1} + d_2 \cdot d_1 (M_1 \cdot M_{t2} + M_2 \cdot M_{t1}) + d_1^2 \cdot 2 M_2 \cdot M_{t2}].$$

Für Torsionsmomente wäre 32 statt 64 einzusetzen.

Damit läfst sich jede Welle mit Einzellasten rechnen. An möglichst einfachen typischen Beispielen soll die Berechnung erörtert werden.

Winkeländerung einer glatt zylindrischen Welle an einem von 2 Lagern, hervorgerufen durch eine Einzellast P nach Fig. 2.

Im Sinne der gesuchten Winkeländerung wirkt ein Moment M_a das schließlich $= o$ zu setzen ist.

$$\vartheta = \frac{\partial A_i}{\partial M_a} = \int M_b \cdot \frac{\partial M_b}{\partial M_a} \cdot \alpha \cdot \frac{dx}{J}.$$

Auf der Strecke I ist

$$M_b = \frac{P \cdot c' \cdot x}{l}; \quad \frac{\partial M_b}{\partial M_a} = M_b \text{ für } M_a = 1$$

$$\frac{\partial M_b}{\partial M_a} = \frac{l - x}{l}.$$

Digitized by Google

Die entsprechenden Werte für Strecke II sind

$$M_b = \frac{P \cdot c}{l} \cdot x' \quad \text{und} \quad \frac{\partial M_b}{\partial M_a} = \frac{x'}{l}.$$

Damit wird

$$\vartheta = \int_0^c \frac{P \cdot c'}{l} \cdot x \frac{(l-x)}{l} \cdot \frac{a}{J} \cdot dx + \int_0^{c'} \frac{P \cdot c}{l} \cdot x' \cdot \frac{x'}{l} \cdot \frac{a \cdot dx'}{J}$$

Nach einigen Umformungen

$$\vartheta = \frac{a \cdot P \cdot c \cdot c'}{6 \cdot J \cdot l^2} [c^2 + 3 \cdot c \cdot c' + 2 \cdot (c')^2].$$

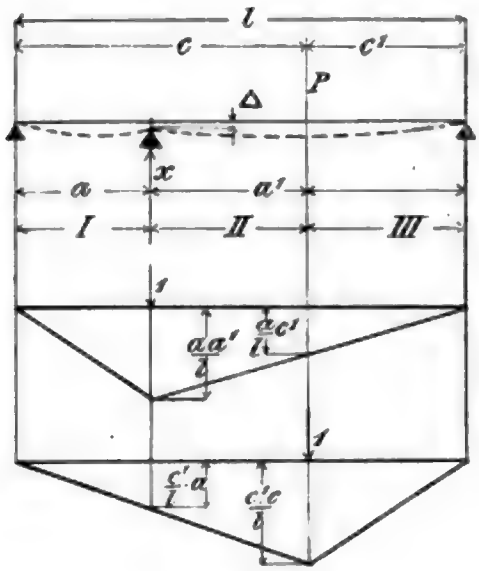


Fig. 3.

Auflagerdruck im Mittellager einer 3fach gelagerten, glatt zylindrischen Welle, hervorgerufen durch die Belastung mit einer Einzellast P nach Fig. 3.

Der gesuchte Auflagerdruck X könnte in Anlehnung an den Rechnungsgang des ersten Beispiels aus

$$f = \frac{\partial A_i}{\partial X}$$

bestimmt werden, was nichts neues bieten würden. X soll aus den Formänderungen mit Hilfe des Maxwellschen Satzes berechnet werden.

Die Verschiebung des Mittellagers entgegengesetzt zu X ist

$$f = P \cdot \delta_{xp} - X \cdot \delta_{xx};$$

darin ist δ_{xx} die Verschiebung des Mittellagers entgegen X, hervorgerufen durch $X = -1$, δ_{xp} die entsprechende Verschiebung, hervorgerufen durch $P = 1$.

Digitized by Google

Wird $\delta_{xp} = \delta_{px}$ gesetzt, so wird

$$A = P \cdot \delta_{Px} - X \cdot \delta_{xx} \text{ und}$$

$$X = P \cdot \frac{\delta_{Px}}{\delta_{xx}} - \frac{A}{\delta_{xx}}$$

δ_{Px} und δ_{xx}, die Verschiebungen der Angriffspunkte von P und X in Richtung dieser Kräfte sind zu bestimmen. Es ist

$$\delta_{xx} = \alpha \cdot \frac{1}{6 \cdot J} \left[a \cdot 2 \cdot \left(\frac{a \cdot a'}{l} \right)^2 + a' \cdot 2 \cdot \left(\frac{a \cdot a'}{l} \right)^2 \right]$$

$$\delta_{xx} = \alpha \cdot \frac{(a \cdot a')^2}{3 \cdot J \cdot l^2}.$$

δ_{Px} ist gleich der Summe der virtuellen Biegungsarbeit im Stabe, gebildet für die Belastungen mit $P = 1$ und $X = -1$, mithin

$$\delta^{I}_{Px} = \frac{\alpha \cdot \alpha}{6 \cdot J} \cdot 2 \cdot \frac{a \cdot a'}{l} \cdot \frac{c'}{l} \cdot a = \frac{\alpha}{J} \cdot \frac{a' \cdot c'}{l^2} \cdot \frac{a^3}{3}$$

$$\delta^{II}_{Px} = \frac{\alpha}{J} \cdot \frac{(c-a)}{6} \cdot \left[2 \cdot \frac{a \cdot a'}{l} \cdot \frac{c'}{l} \cdot a + \frac{a \cdot a'}{l} \cdot \frac{c \cdot c'}{l} + \frac{a}{l} \cdot c' \cdot \frac{c'}{l} \cdot a + 2 \cdot \frac{a}{l} \cdot c' \cdot \frac{c' \cdot c}{l} \right]$$

$$= \frac{\alpha}{J} \cdot \frac{(c-a) \cdot a \cdot c'}{6 \cdot l^2} \cdot [2 \cdot a \cdot a' + a' \cdot c + a \cdot c' + 2 \cdot c \cdot c']$$

$$\delta^{III}_{P} = \frac{\alpha}{J} \cdot \frac{c \cdot a}{l^2} \cdot \frac{(c')^3}{3}.$$

Nach einiger Umformungen ist

$$\delta_{Px} = -\frac{a \cdot c' \cdot a}{6 \cdot J \cdot l} \cdot [c^2 + 2 \cdot c \cdot c' - a^2] \text{ und}$$

$$X = P \cdot c' \cdot a \frac{(c^2 + 2 \cdot c \cdot c' - a^2)}{2 \cdot (a \cdot a')^2} - \frac{3 \cdot J \cdot l}{\alpha \cdot (a \cdot a')^2} \cdot A.$$

Nachdem X bestimmt ist, können die Formänderungen der Welle mit X als äußerer Kraft wie bei einer Welle in zwei Lagern berechnet werden.

Darauf soll nicht weiter eingegangen werden, weil die Berechnung ohne weiteres nach den allgemeinen Methoden ausgeführt werden kann.

Die angeführten Entwicklungen sollten ein möglichst einfaches Beispiel für die neueren Methoden der Festigkeitslehre darstellen. Der Vorzug derselben gegenüber den älteren Methoden hinsichtlich der Übersichtlichkeit und grundsätzlichen Einfachheit dürfte aus den folgenden Beispielen hervorgehen.

Berechnung gekröpfter Kurbelwellen mit statisch unbestimmter Lagerung.

Mehrfach gelagerte Kurbelwellen berechnet man vielfach unter der Annahme, dafs die Welle in den Zwischenlagern zerschnitten sei.

Eine übliche genauere Berechnung betrachtet die gekröpfte Welle als graden Stab auf mehreren Stützen, unter Vernachlässigung des Einflusses der Kröpfungen.

Digitized by Google

Eine ganz genaue Untersuchung bringt Enslin in seinem Werk über mehrmals gelagerte Kurbelwellen; darin werden die statisch unbestimmten Größen und die Formänderungen nach den alten Methoden der Festigkeitslehre bestimmt, indem die Formänderungen der Kurbelwellen im ganzen Verlauf infolge aller Kräfte bestimmt werden. Die Anwendung dieses Verfahrens wird für eine größere Anzahl von Lagern und Kröpfungen viel zu unübersichtlich.

Viel übersichtlicher, bei gleicher Genauigkeit, dürfte die folgende Berechnungsart sein.

Wie es üblich, und in Ermangelung von Rechnungsgrundlagen nicht anders möglich ist, soll das Kräftepaar, das in einem Lager infolge einer Schiefstellung des

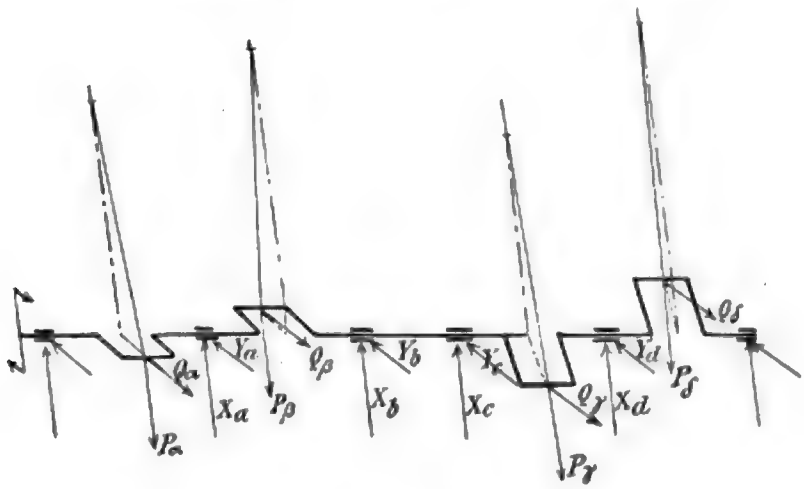


Fig. 4.

Zapfens auftritt, vernachlässigt werden. Dann tritt in jedem Lager ein nach Größe und Richtung unbekannter Lagerdruck, das sind zwei Unbekannte, auf.

Eine Kurbelwelle mit beliebig vielen Kröpfungen und zwei Lagern ist statisch bestimmt, eine solche in n Lagern ist $2 \cdot (n-2)$fach statisch unbestimmt.

Die beiden Außenlager als Lager das statisch bestimmten Hauptsystems sollen als starr angenommen werden, so dafs die hier wirkenden Lagerdrücke in die Arbeitsgleichungen nicht eintreten. Lagersenkungen sollen also als Relativbewegungen der einzelnen Lagermitten gegenüber der Verbindungslinie der Mitten der Außenlager berücksichtigt werden. Äußere Belastungen und Lagerdrücke sollen nach Fig. 4 in horizontale und vertikale Komponenten Q, P und Y, X zerlegt werden.

Die Buchstaben a, b usw. sollen der Reihe nach die inneren Lager, α, β, γ usw. dagegen die Stellen bezeichnen, an denen wesentliche Kräfte, vor allem die Kurbelkräfte angreifen. Die Aufgabe soll auf Grund der Formänderungen unter Benutzung des Maxwell'schen Satzes gelöst werden. Die erforderlichen Bezeichnungen für die Verschiebungen sind hier noch etwas verwickelter; z. B. ist $\delta^{X}_{m\,l'\beta}$ die Verschiebung des

Lagers m entgegen der Kraft X_m, hervorgerufen durch die Belastung der Welle mit $P_\beta = 1$, oder $\delta^X_{m\,X\,d}$ die Verschiebung des Lagers m entgegen der Kraft X_m, hervorgerufen durch die Belastung $X_d = -1$.

Die wirkliche Verschiebung des Lagers m entgegen der Kraft X_m ist als Ergebnis der einzelnen Einflüsse:

$$\delta^X_m = \Sigma P_\beta \cdot \delta^X_{m\,P\,\beta} + \Sigma Q_\beta \cdot \delta^X_{m\,Q\,\beta} - \Sigma X_b \cdot \delta^X_{m\,X\,b} - \Sigma Y_b \cdot \delta^X_{m\,Y\,b}$$

δ^X_m ist ein beobachteter oder mit Rücksicht auf Aufstellungsfehler möglicher Wert. Die Summen sind über alle inneren Lager und alle Stellen, wo wesentliche Kräfte eingreifen, zu erstrecken.

Nach Maxwell ist

$$\delta^X_{m\,P\,\beta} = \delta^P_{\beta\,X\,m} \text{ usw.}$$

$$\text{Also ist } \delta^X_m = \Sigma P_\beta \cdot \delta^P_{\beta\,X\,m} + \Sigma Q_\beta \cdot \delta^Q_{\beta\,X\,m} - \Sigma X_b \cdot \delta^X_{b\,X\,m} - \Sigma Y \cdot \delta^Y_{b\,X\,m}$$

Darin erscheinen nur Verschiebungen, hervorgerufen durch die Belastung $X_m = -1$.

Aus diesen Gleichungen, von denen soviele aufzustellen sind, als statisch unbestimmte Größen vorhanden sind, lassen sich die Unbekannten X und Y berechnen.

Die Berechnung von Formänderungen der Kurbelwelle kann ganz auf dieselbe Art erfolgen, z. B. die Berechnung der Winkeländerung ϑ_m der Welle an irgend einer Stelle m in irgend einer Richtung, die durch ein im Sinne dieser Winkeländerung wirkendes Drehmoment M_m gekennzeichnet sei.

$$\text{Dann ist } \vartheta^M_m = \Sigma P_\beta \cdot \vartheta^M_{m\,P\,\beta} + \Sigma Q_\beta \cdot \vartheta^M_{m\,Q\,\beta} - \Sigma X_b \cdot \vartheta^M_{m\,X\,b} - \Sigma Y_b \cdot \vartheta^M_{m\,Y\,b}$$

Darin ist z. B. $\vartheta^M_{m\,X\,b}$ die Winkeländerung der Welle an der Stelle m im Sinne des Moments M_m, hervorgerufen durch $X_b = -1$.

Nun ist $\vartheta^M_{m\,P\,\beta} = \delta^P_{\beta\,M\,m}$, mithin

$$\vartheta^M_m = \Sigma P_\beta \cdot \delta^P_{\beta\,M\,m} + \Sigma Q_\beta \cdot \delta^Q_{\beta\,M\,m} - \Sigma X_b \cdot \delta^X_{b\,M\,m} - \Sigma Y_b \cdot \delta^Y_{b\,M\,m}$$

Zur Berechnung von ϑ_m sind darnach die Verschiebungen im Sinne von P, Q, $X = -1$ und $Y = -1$, hervorgerufen durch $M_m = 1$, festzustellen.

Die Berechnungen der erforderlichen Verschiebungen für die Belastung z. B. mit $X_m = -1$ oder $M_m = 1$, wobei die Welle zwischen den beiden Außenlagern sonst unbelastet ist, kann mit Hilfe von Arbeitsgleichungen ausgeführt werden und ist für beliebig viele Innenlager und Kröpfungen grundsätzlich sehr einfach; nur die zahlenmäßige Ausführung wird umfangreich und erfordert Sorgfalt.

Einige Bemerkungen über die Berechnung der Verschiebungen dürften angebracht sein. Es ist z. B.

$$\delta^P_{\beta\,X\,m} = \frac{d\,Ai}{d\,P_\beta} = \alpha \int N \cdot \frac{d\,N}{d\,P_\beta} \cdot \frac{ds}{f} + \alpha \int M_b \cdot \frac{d\,M_b}{d\,P_\beta} \cdot \frac{ds}{J} + \beta \int M_t \cdot \frac{d\,M_t}{d\,P_\beta} \cdot \frac{ds}{J}$$

für $P_\beta = 0$. Dafür sind N, M_b und M_t die entsprechenden Werte für $X_m = -1$, dagegen $\frac{d\,N}{d\,P_\beta}$, $\frac{d\,M_b}{d\,P_\beta}$ und $\frac{d\,M_t}{d\,P_\beta}$ gleich N, M_b und M_t für $P_\beta = 1$. Wird mit $N_{X\,m}$ die Normalkraft

Digitized by Google

für $X_m = -1$ und mit $N_{P\beta}$ diejenige für $P_\beta = 1$ bezeichnet, so ist mit den entsprechenden Bezeichnungen für die Momente

$$\delta^P_{\beta X_m} = \alpha \int N_{X_m} \cdot N_{P\beta} \cdot \frac{ds}{f} + \alpha \int M_{b X_m} \cdot M_{b P\beta} \cdot \frac{ds}{J} + \beta \int M_{t X_m} \cdot M_{t P\beta} \cdot \frac{ds}{J}$$

Das ist der Ausdruck für die virtuelle Formänderungsarbeit, kombiniert aus den Belastungen $X_m = 1$ und $P_\beta = 1$.

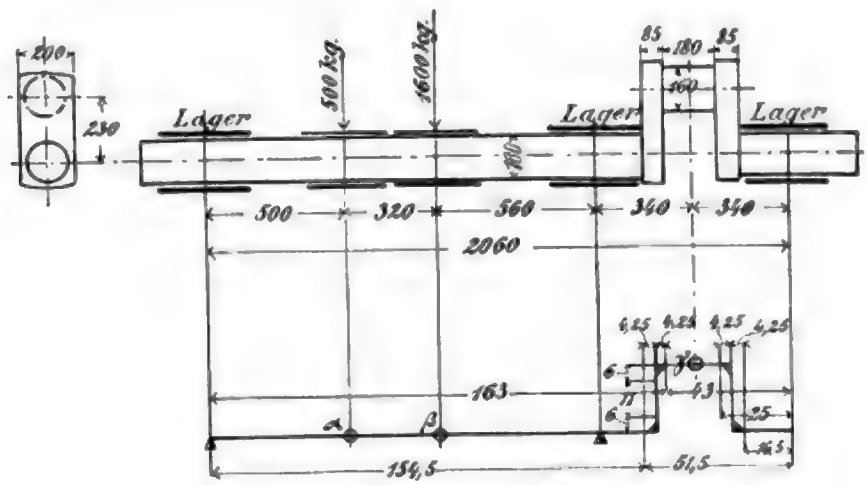


Fig. 5 und 6.

Liegt eine Belastung senkrecht zu der anderen, was z. B. bei $X_m = -1$ und $Q_\beta = 1$ der Fall ist, so vereinfachen sich die Ausdrücke wesentlich, weil die virtuelle Arbeit von zwei Biegungsmomenten, deren Achsen aufeinander senkrecht stehen, bei symmetrischen Querschnitten, wie sie bei Kurbelwellen nur vorkommen, $= 0$ ist.

Da in den Arbeitsgleichungen stets Produkte von Normalkräften oder Momenten vorkommen, so ist es gleichgültig, welche Richtung als positiv angenommen wird; nur mufs innerhalb der Glieder eines Produkts an einer beliebigen Annahme festgehalten werden. Es dürfte zweckmäßig sein, an einem einfachen Belastungsfall die Verschiebungen zu bestimmen; gewählt ist die von Enslin, Kurbelwellen, S. 45 ff., behandelte Welle eines Dieselmotors, Fig. 5.

Die versteifende Wirkung der Ecken soll berücksichtigt werden, indem die in Fig. 6 durch Schraffeur bezeichneten Strecken als starr angenommen werden.

Die Berechnungen können ohne Schwierigkeit für eine beliebige, durch den Winkel φ gekennzeichnete Stellung der Kurbel ausgefürt werden, so dafs die Beanspruchungen und Formänderungen dann für beliebige Kurbelstellungen bequem bestimmt werden können, was ein nicht unwesentlicher Vorzug des Verfahrens ist.

Rechnungsgang und Ergebnisse für die Belastung mit $X = -1$ sind in Tabellenform übersichtlich zusammengestellt, womit das allgemeine Verfahren genügend erläutert sein dürfte.

Digitized by Google

Fig. 7 enthält die der Bildung der Ausdrücke für die virtuelle Formänderungsarbeit zu Grunde gelegten Belastungen.

In die Berechnungen ist der Schubkoefficient $\beta = 2{,}6 \cdot \alpha$.

Für den Kreis von 160 mm Durchmesser ist

das äquatoriale Trägheitsmoment $J = 3210$ cm⁴

- polare - $J' = 6420$ cm⁴

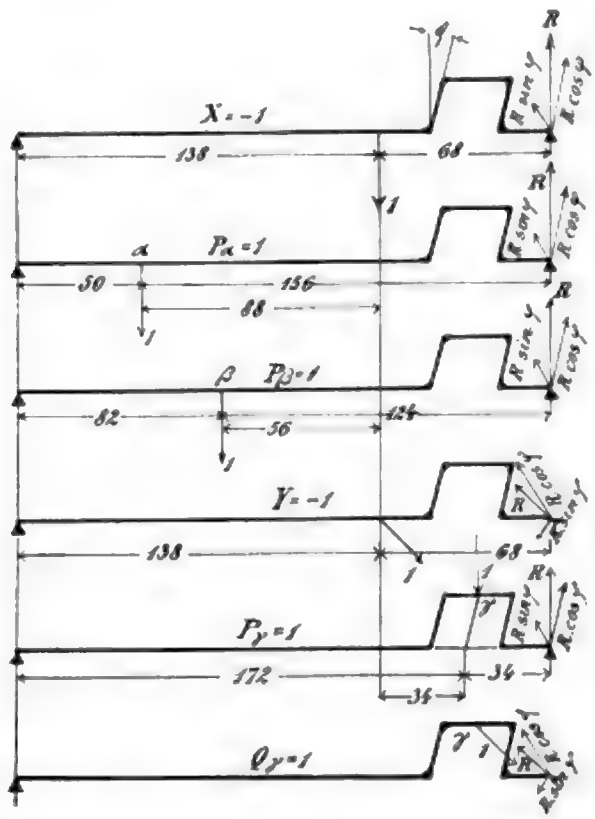


Fig. 7.

für den rechteckigen Armquerschnitt ist das kleinste Trägheitsmoment $J_1 = 1020$ cm⁴, das größte Trägheitsmoment $J_1 = 5670$ cm⁴, der Querschnitt $F = 170{,}2$ cm und der Wert $J_2 = \frac{5}{18} \cdot \frac{b^3 \cdot h^3}{b^2 + h^2} = 2890$ cm⁴.

Beanspruchung eines rotierenden Ringes mit symmetrisch verteilten radialen Armen durch die Centrifugalkraft bei gleichzeitiger Erwärmung des Kranzes.

Die Beanspruchung durch die Zentrifugulkraft allein ist von Grashof behandelt. Die Berechnung mit Berücksichtigung der Erwärmung dürfte nicht nur als Beispiel der Anwendung der neueren Methoden auf Stäbe mit krummer Achse von Interesse

sein, sondern auch für die Beanspruchung von Riemscheiben beim Gleiten des Riemens oder von dem rotierenden Teil mancher elektrischen Maschinen Bedeutung haben.

Für Stäbe mit krummer Achse gelten folgende Beziehungen:

Ist N die Normalkraft und M das Biegungsmoment eines krummen Stabes mit r in cm als Krümmungsradius, v der Abstand eines Flächenelements von der Stabachse, und wird als positiv bezeichnet:

N, wenn es eine Zugkraft ist,

M, wenn es die Krümmung vergrößert,

v, wenn das Flächenelement außerhalb des Krümmungskreises der Stabachse liegt

so ist

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{r \cdot F} + \frac{M \cdot v}{Z} \cdot \frac{r}{(r+v)}$$

oder wenn $N + \frac{M}{r} = \mathfrak{N}$ gesetzt wird,

$$\sigma = \frac{\mathfrak{N}}{F} + \frac{M \cdot v}{Z} \cdot \frac{r}{r+v}$$

Darin ist

$$Z = \int \frac{v^2 \cdot r \cdot dF}{r+v}$$

In den meisten Fällen kann $Z = \int v^2 \cdot dF = J$ gesetzt werden, was weiterhin geschehen soll.

Die gleichmäßige Erwärmung des ganzen Ringes einschließlich der Arme hat keinen Einfluß auf die Spannungen, sondern nur die des Kranzes allein. Diese Erwärmung wird im allgemeinen ungleichmäßig sein, und zwar soll sie vom innern bis zum äußern Kranzumfang linear wachsen. Die Ringachse erwärme sich um t_0, außen sei der Ring um Δt wärmer als innen.

Dann ist die Formänderungsarbeit bei einer Beanspruchung des Ringes durch Normalkräfte und Biegungsmomente

$$A_i = \alpha \int \frac{\mathfrak{N}^2 \cdot ds}{2 \cdot F} + \alpha \int \frac{M^2 \cdot ds}{2 \cdot J} + \int \varepsilon \cdot t_0 \cdot N \cdot ds + \int \varepsilon \cdot \frac{\Delta t}{h} \cdot M \cdot ds$$

Darin ist h die radiale Höhe des Querschnitts.

Wegen der Symmetrie ist nur ein Arm mit dem zugehörigen Kranzteil zu untersuchen.

In der Schnittstelle mitten zwischen zwei Armen ist die Querkraft = 0, weil das Moment hier durch ein Maximum geht; statisch unbestimmt sind nach Fig. 8 die Normalkraft X_1 und das Biegungsmoment X_2. Die Zentrifugalkraft des Ringes soll in kg pro 1 cm Umfang der Ringachse gemessen werden und ist $= p = \frac{\gamma \cdot f \cdot v^2}{10 \cdot g \cdot r}$ kg/cm, wenn γ das spezifische Gewicht des Kranzes in kg/cdm, f der Kranzquerschnitt in qcm, v die Umfangsgeschwindigkeit der Ringachse in m/Sec. und g die Erdbeschleunigung in m/Sec.^{2} und r der Krümmungsradius der Ringachse in cm ist.

Digitized by Google

An einer beliebigen, durch den Winkel φ gekennzeichneten Stelle des Kreuzes ist

$$N = X_1 \cos\varphi + p \cdot r \cdot (1 - \cos\varphi)$$

$$M = X_2 - p \cdot r^2 (1 - \cos\varphi) + X_1 \cdot r (1 - \cos\varphi)$$

$$\mathfrak{N} = N + \frac{M}{r} = X_1 + \frac{X_2}{r}$$

$$\frac{\partial N}{\partial X_1} = \cos\varphi; \quad \frac{\partial N}{\partial X_2} = 0;$$

$$\frac{\partial \mathfrak{N}}{\partial X_1} = 1; \quad \frac{\partial \mathfrak{N}}{\partial X_2} = \frac{1}{r}$$

$$\frac{\partial M}{\partial X_1} = r(1 - \cos\varphi); \quad \frac{\partial M}{\partial X_2} = 1$$

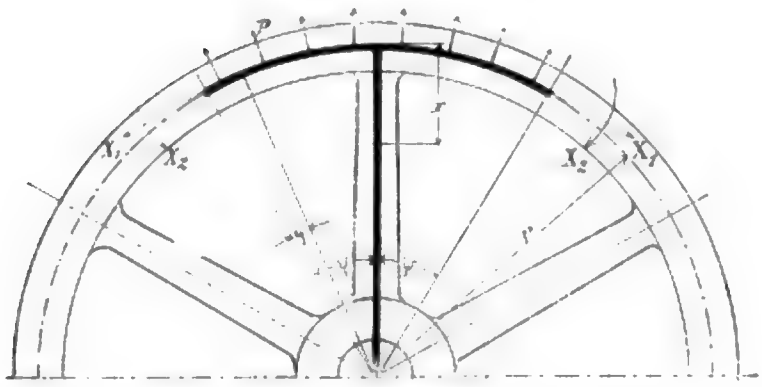


Fig. 8.

Den Ausdrücken f, γ, α für den Kranz entsprechen für den Arm f_a, γ_a und α'. Es werde vorbehaltlich einer späteren Berichtigung angenommen, der Arm reiche von der Drehachse bis zur Achse des Ringes, bei konstantem Querschnitt. An einer beliebigen, um x von der Ringachse entfernten Stelle des Armes ist die Normalkraft

$$N_a = 2p \cdot r \cdot \sin\psi - 2 \cdot X_1 \cdot \sin\psi + \frac{\gamma_a \cdot f_a}{10 \cdot g} \cdot \frac{v^2}{r^2} \cdot x \cdot \left[r - \frac{x}{2}\right]$$

$$M_a = 0; \quad \frac{\partial N_a}{\partial X_1} = -2 \cdot \sin\psi; \quad \frac{\partial_2 N_a}{\partial X_2} = 0$$

Die Formänderungen im Sinne von X_1 und X_2 sind $= 0$, also ist

$$\frac{\partial A_i}{\partial X_1} = \alpha \int \frac{\mathfrak{N} \cdot \partial \mathfrak{N}}{\partial X_1} \cdot \frac{ds}{f} + \beta \int \frac{M \cdot \partial M}{\partial X_1} \cdot \frac{d_a}{J} + \int \varepsilon \cdot t_a \cdot \frac{\partial N}{\partial X_1} \cdot d_a + \int \varepsilon \cdot \frac{M t}{h} \cdot \frac{\partial M}{\partial X_1} \cdot ds = 0;$$

$$\text{ebenso ist } \frac{\partial A_i}{\partial X_2} = 0$$

Letztere Gleichung soll zuerst ausgeführt werden. Mit den vorher entwickelten Ausdrücken wird

Digitized by Google

$$\frac{\delta A_i}{\delta X_2} = 0 = 2 \cdot \alpha \int_0^{\psi_i} \left(X_1 + \frac{X_2}{r} \right) \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\delta \varphi \cdot r}{f} + 2 \cdot \alpha \int_0^{\psi_i} \left[X_2 + X_1 \cdot r \,(1 - \cos\varphi) - p\, r^2 \cdot (1 - \cos\varphi) \right] \frac{r \cdot \delta \varphi}{I}$$

$$+ 2 \cdot \int_0^{\psi_i} \varepsilon \cdot \frac{A_l}{h} \cdot r \cdot d\varphi$$

Die Integration ergibt nach einigen Umformungen

$$X_2 = \frac{p \cdot r^2 \left(\psi_i - \sin\psi_i \right) - X_1 \cdot r \left(\psi_i - \sin\psi_i + \frac{J}{r^2 \cdot f} \right) - \frac{\varepsilon}{\alpha} \cdot \frac{A\,l}{h} \cdot J}{\psi_i}$$

$$1 + \frac{J}{r^2 \cdot f}$$

$\frac{J}{r^2 \cdot f}$ kann in allen praktischen Fällen gegenüber 1 vernachlässigt werden; man kann also rechnen mit

$$X_2 = p \cdot r^2 \left(\frac{\psi_i - \sin\psi_i}{\psi_i} \right) - X_1 \cdot r \left(\frac{\psi_i - \sin\psi_i}{\psi_i} + \frac{J}{r^2 \cdot f} \right) - \frac{\varepsilon}{\alpha} \cdot \frac{A\,l}{h} \cdot J$$

$$\frac{\delta A_i}{\delta X_1} = 0 =$$

$$2 \cdot \int_0^{\psi_i} \left(X_1 + \frac{X_2}{r} \right) \frac{\alpha}{f} \cdot r\, d\varphi + 2 \int_0^{\psi_i} \frac{\alpha}{I} \left[X_2 + (X_1 \cdot r - p_r^2)(1 - \cos\varphi) \right] r \cdot (1 - \cos\varphi) \cdot r \cdot d\varphi + 2 \cdot \int_0^{\psi_i} \varepsilon \cdot t_a \cdot \cos\varphi \cdot r \cdot d\varphi$$

$$+ 2 \cdot \int_0^{\psi_i} \varepsilon \cdot \frac{A\,l}{h} \cdot r\,(1 - \cos\varphi) \cdot r \cdot d\varphi + \int_0^{r} \left[2 \cdot (p \cdot r - X_1) \cdot \sin\psi_i + \frac{\gamma_a \cdot f_a \cdot v^2}{10 \cdot g \cdot r^2} \cdot x \left(r - \frac{x}{2} \right) \right] \left(- 2 \cdot \sin\psi_i \right) \cdot \frac{\alpha_a}{f_a} \cdot \delta_x$$

Daraus berechnet sich

$$X_1 = \frac{\frac{\gamma \cdot f \cdot r^2}{10 \cdot g} \left[\frac{6\psi_i - 8 \cdot \sin\psi_i + \sin 2\psi_i}{4\psi_i} + \frac{J}{r^2 \cdot f_a} \cdot \frac{\alpha_a}{\alpha} \cdot 2 \cdot \frac{\sin^2\psi_i}{\psi_i} - \left(\frac{\psi_i - \sin\psi_i}{\psi_i} \right) \left(\frac{\psi_i - \sin\psi_i}{\psi_i} + \frac{J}{r^2 \cdot f} \right) \right] + \frac{\alpha_a}{\alpha} \cdot \frac{\gamma_a \cdot J \cdot r^2 \cdot \sin\psi_i}{10 \cdot g \cdot r^2 \cdot \psi_i} - \frac{J \cdot \varepsilon \cdot t_a \cdot \sin\psi_i}{r^2 \cdot \alpha \cdot \psi_i} + \frac{J}{r^2 \cdot f} \cdot \frac{\varepsilon}{\alpha} \cdot \frac{J \cdot A\,l}{r \cdot h}}{\frac{J}{f \cdot r^2} + \frac{6\psi_i - 8 \cdot \sin\psi_i + \sin 2\psi_i}{4\psi_i} + \frac{J}{r^2 \cdot f_a} \cdot \frac{\alpha_a}{\alpha} \cdot \frac{2 \cdot \sin^2\psi_i}{\psi_i} - \left(\frac{\psi_i - \sin\psi_i}{\psi_i} + \frac{J}{r^2 \cdot f} \right)^2}$$

Die größte Spannung tritt am Arm in der innersten Kranzfaser auf; und zwar ist dort, wenn e in cm der Abstand dieser Faser von der Ringachse ist,

$$\sigma = \left(X_1 + \frac{X_2}{r} \right) \cdot \frac{1}{f} + \frac{e \cdot r}{J \cdot (r - e)} \left[- X_2 - X_1 \cdot r \,(1 - \cos\varphi) + p \cdot r^2 \,(1 - \cos\varphi) \right]$$

Der Ausdruck für σ dürfte sich mit den Werten für X_1 und X_2 kaum auf eine einfache Form bringen lassen. Die Ausführung der Rechnung läfst sich aber mit Hülfe der folgenden Tabelle für die nur von der Armzahl abhängige Größen verhältnismäßig schnell ausführen.

Digitized by Google

Anzahl der Arme	$C_1 = \frac{6\,\psi - 8\cdot\sin\psi + \sin 2\psi}{4\,\psi}$	$C_2 = 2\cdot\frac{\sin 2\psi}{\psi}$	$C_3 = \frac{\psi - \sin\psi}{\psi}$	$C_4 = \frac{\sin\psi}{30\cdot g\cdot\psi}$	$C_5 = \frac{\sin\psi}{\psi}$	$C_6 = 1 - \cos\psi$
4	0,01708	1,274	0,09098	0,003095	0,90082	0,2929
5	0,00744	1,1	0,0845	0,003179	0,9855	0,191
6	0,003038	0,955	0,04507	0,003245	0,9549	0,134
7	0,00198	0 889	0,03024	0,003285	0,9698	0 09902
8	0,001168	0,746	0,0255	0,003312	0,9745	0,07612
9	0,000782	0,67	0,0202	0,00333	0,9798	0,06031
10	0,0004814	0,606	0,01687	0,003343	0,9836	0,04894
11	0,0003295	0,556	0,01354	0,003352	0,9865	0,04049
12	0,000283	0,512	0,01138	0,00336	0,9886	0,03406

Wird $\frac{\gamma}{10\cdot g} = \gamma^1$ und $p = \frac{\gamma\cdot f\cdot v^2}{10\cdot g\cdot r}$ eingesetzt, so ist mit den Bezeichnungen der Tabelle

$$X_1 = \frac{v^2\cdot f\left[\gamma^1\left(C_1 + C_2\cdot\frac{J}{r^2\cdot f_a}\cdot\frac{\alpha_a}{\alpha} - C_3\left[C_5 + \frac{J}{r^2\cdot f}\right]\right) + \frac{\alpha_a}{\alpha}\cdot\frac{\gamma_a\cdot J}{r^2\cdot f}\cdot C_4\right] - \frac{J}{r^2}\cdot\frac{\varepsilon}{\alpha}\cdot t_0\cdot C_3 + \frac{J}{r^2\cdot f}\cdot\frac{\varepsilon}{\alpha}\cdot\frac{J}{r}\cdot\frac{\Delta t}{h}}{\frac{J}{r^2\cdot f} + C_5 + C_2\cdot\frac{J}{r^2\cdot f_a}\cdot\frac{\alpha_a}{\alpha} - \left(C_5 + \frac{J}{r^2\cdot f}\right)^2}$$

oder

$$X_1 = a + b\cdot v^2\cdot f$$

$$X_2 = v^2\cdot f\cdot\gamma\left[C_3\,(\gamma^1 - b) - \frac{b\cdot J}{r^2\cdot f}\right] - a\cdot\left(C_5 + \frac{J}{r^2\cdot f}\right) - \frac{\varepsilon}{\alpha}\cdot I\cdot\frac{\Delta t}{h}$$

oder

$$X_2 = c\cdot v^2\cdot f\cdot\gamma - d$$

$$\sigma = v^2\left[b + c + \frac{e}{(\gamma - e)\cdot\frac{J}{f\cdot r^2}}\cdot(C_6\cdot[\gamma^1 - b] - c)\right] + \frac{a}{f} - \frac{d}{\gamma\cdot f} - \frac{e}{(\gamma - e)}\cdot\frac{\gamma}{J}\,(C_6\cdot\gamma\cdot a - d)$$

Wird $t_0 = \Delta t = 0$ gesetzt, so ergibt die Rechnung für ein sechsarmiges gufseisernes Schwungrad mit $r = 14\cdot e$, $f = 3 f_a$, $\alpha_a = \alpha$ und $\gamma = \gamma_a = 7{,}2$ kg/cdm

$$\sigma = \sim v^2\cdot 0{,}100\ \text{kg/qcm}.$$

Dieser Wert ist für die angegebenen Verhältnisse von Grashof berechnet und in der Hütte allgemein für Schwungräder angegeben. Er gilt aber nur für die angegebenen Verhältnisse. Die Berechnung soll für eine Riemscheibe von rund 4 m Durchmesser ausgeführt werden, wobei sich nicht unwesentlich höhere Spannungen ergeben. Zunächst mufs aber noch die Ungenauigkeit bei der Bestimmung der Formänderungsarbeit im Arm berichtigt werden. Die Annahme der Armlänge $= r$ bringt einen beträchtlichen Fehler in die Rechnung.

Digitized by Google

Eine einfache Überlegung zeigt, dafs diejenigen Glieder der Schlufsgleichung für X_1, die f_a enthalten, (nach Fig. 9) nicht mit r, sondern mit $l = \frac{r}{m}$ bei Ausführung der Integration hätten multipliziert werden müssen. Dieser Fehler ist einfach beseitigt, indem statt des wirklichen mittleren Armquerschnitts f_a' in die Rechnung $f_a = m \cdot f_a'$ eingesetzt wird.

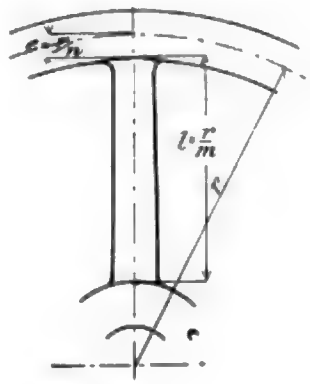


Fig. 9.

Das Glied mit γ_a war, von Constanten abgesehen, entstanden aus

$$\int_0^r x \cdot \left(r - \frac{x}{2}\right) \cdot dx$$

während es (nach Fig. 9) hätte heißen müssen

$$\int_0^{\frac{r}{m}} x \left(r - e - \frac{x}{2}\right) \cdot dx$$

also nicht $\frac{r^3}{3}$, sondern $\frac{r^3}{6 \cdot m^3 \cdot n}\,[3 \cdot m\,(n-1) - n]$.

Indessen läfst sich die Rechnung in der entwickelten Form genau durchführen, wenn statt des wirklichen spezifischen Gewichts des Arms, statt γ_a', in die Rechnung eingesetzt wird

$$\gamma_a = \gamma_a' \cdot \left(\frac{3 \cdot m\,(n-1) - n}{2 \cdot m^3 \cdot n}\right)$$

Der jetzt noch übrig bleibende Fehler, dafs der mittlere Armquerschnitt f_a konstant vorausgesetzt ist, dürfte gering genug sein.

Eine Riemscheibe von 4023 mm Durchmesser habe folgende Messungen:

Kranzstärke = 23 mm } $f = 46$ qcm
Kranzbreite = 200 „ } $J = 20{,}26$ cm^4

Armzahl = 9 $\quad \frac{J}{r^2 f} = 0{,}0001102$

$r = 200$ cm

$\gamma = 7{,}2$ kg/cdm $\quad \gamma' = \frac{\gamma}{10 \cdot g} = 0{,}0735$

Der mittlere Armquerschnitt sei eine Ellipse mit 38 und 80 mm als Achsen.

Die Armlänge sei $= \frac{3}{4} r$; $m = \frac{4}{3}$; $n = \frac{200}{1{,}15}$;

$$f_a' = \pi \cdot 1{,}9 \cdot 4;\ f_a = m \cdot f_a' = \sim 32 \text{ cm}^2$$

$$\gamma_a' = 7{,}2;\ \gamma_a = \gamma_a' \cdot \left(\frac{3\,m\,(n-1) - n}{2 \cdot m^3 \cdot n}\right) = 4{,}53$$

$$\frac{J}{r^2 \cdot f_a} = 0{,}00001584$$

t_0 werde $= 10°$ und $\Delta t = 20°$ angenommen; es sei $\varepsilon = \frac{1}{93500}$; $\alpha = \frac{1}{900000}$

Digitized by Google

Dann ist mit den Werten der Tabelle

$$X_1 = \frac{v^2 \cdot f \cdot [0{,}0725)0{,}000732 + 0{,}67 \cdot 0{,}00001581 - 0{,}0202 \cdot 0{,}020211) + 0{,}53 \cdot 0{,}00001102 \cdot 0{,}00333] + 0{,}00001102 \cdot \frac{9000}{925} \cdot \frac{20{,}26}{200} \cdot \frac{20}{23} - \frac{20{,}26}{200 \cdot 200} \cdot \frac{9000}{925} \cdot 10 \cdot 0{,}9}{0{,}00001102 + 0{,}000732 + 0{,}67 \cdot 0{,}00001581 - (0{,}020211)^2}$$

$$X_1 = 0{,}07007 \cdot v^2 \cdot f - 138{,}5$$

$$X^2 = v^2 \cdot f \cdot r(0{,}0202 \cdot 0{,}00277 - 0{,}00001102 \cdot 0{,}07073) + 138{,}5 \cdot 0{,}020211 - \frac{9000}{925} \cdot 20{,}26 \cdot \frac{20}{23}$$

$$X_2 = 0{,}0000568 \cdot v^2 \cdot f \cdot r - 1693.$$

$$\sigma = v^2 \left[0{,}07073 + 0{,}0000568 + \frac{1{,}15}{198{,}85} \cdot \frac{1}{0{,}00001102} \cdot (0{,}00031 \cdot 0{,}00277 \cdot 0{,}0000568) \right] - \frac{138{,}5}{46} - \frac{1693}{200 \cdot 46}$$

$$+ \frac{1{,}15 \cdot 200}{198{,}85 \cdot 20{,}26} (0{,}00031 \cdot 200 \cdot 138{,}5 + 1693)$$

$$\sigma = v^2 \cdot 0{,}120 + 189 \text{ kg/qcm}.$$

Digitized by Google

Die Verbundlokomotive in England.

Ein Beitrag zur Geschichte der Verbundlokomotive.

Von Dr. techn. **R. Sanzin**, Konstrukteur der k. k. technischen Hochschule in Graz.

— —

Die Geschichte der Entwicklung und Verbreitung der Verbundlokomotive in England ist so eigenartig und von der in anderen Ländern so abweichend, dafs heute, wo ein Zeitraum von mehr als 25 Jahren seit der ersten Einführung dieser Bauart verflossen ist, ein Rückblick auf die Entwicklung und eine Darstellung der heutigen Formen von Verbundlokomotiven in England vielleicht bemerkenswert erscheinen mag.

Den ersten Entwurf für eine Verbundlokomotive lieferte der deutsche Ingenieur Gerhard M. Roentgen im Jahre 1834.[1]) Der Engländer Thomas Cradock verfafste 1846 einen Plan für eine Tandem-Verbundlokomotive. Es kamen jedoch beide Entwürfe nicht zur Ausführung. Die im Jahre 1856 von John Nicholson für die Great-Eastern R. erbaute Lokomotive mit zwei Zylindern ungleichen Durchmessers wird von den Engländern häufig als erste Verbundlokomotive hingestellt. Die Dampfverteilung in dieser eigentümlichen Lokomotive hat jedoch mit der Verbundwirkung nichts zu tun.[2]) Die erste brauchbare Verbundlokomotive wurde erst 1876 vom Schweizer Ingenieur Anatole Mallet für die Bahn Bayonne-Biarritz ausgeführt. Von diesem Zeitpunkt an erfolgt die erst langsame, dann aber immer raschere Verbreitung der Verbundlokomotive auf den Eisenbahnen aller Länder. Sie ist heute in gewissen Ländern, insbesondere Nordamerika, Frankreich, Schweiz, Deutschland und Österreich zu einem hohen Grad der Vollkommenheit gelangt, so dafs sie in fast allen Fällen die Zwillingslokomotive mit Erfolg verdrängte.

Während in Mitteleuropa allein einige Tausend Verbundlokomotiven im Dienst stehen, finden wir in England unter mehr als 15 großen Eisenbahnverwaltungen nur eine, bei welcher Verbundlokomotiven in größerer Anzahl in Verwendung sind. Dagegen besitzen einige Eisenbahnverwaltungen Versuchslokomotiven, welche größtenteils erst vor kurzer Zeit erbaut wurden, sie beweisen, dafs einige Verwaltungen auf diese Bauart ein Augenmerk richten, während andere sich gegenüber der Einführung von

[1]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, E. Brückmann. Jahrg. 1896, S. 5.
[2]) Engineering. Jahrg. 1870. S. 378.

Verbundlokomotiven ganz ablehnend verhalten. Ja man zieht es sogar vor, Vierzylinderlokomotiven mit einfacher Dampfdehnung zu bauen, um gewisse Vorteile zu erreichen. Zwei Eisenbahnverwaltungen, welche ab 1883 ausgedehntere Versuche mit Verbundlokomotiven anstellten, haben seither diese Bauart wieder verlassen. Da England sonst auf dem Gebiet des Lokomotivbaues gewifs eine achtbare Stellung einnimmt und gerade in England die Anforderungen, welche an Lokomotiven gestellt werden, sehr hoch zu nennen sind, mufs das eigentümliche Schicksal der Verbundlokomotive in England befremden. Es soll daher weiter unten versucht werden, einige Gründe hierfür klarzulegen.

Verbundlokomotiven der London und North-Western R.

Diese Eisenbahnverwaltung ist in England die einzige, welche seit 1879 ununterbrochen mit der Ausbildung der Verbundbauart beschäftigt ist. Sie besitzt heute rund 250 Verbundlokomotiven für Schnell- und Güterzüge. Wenn eine Zeit lang die

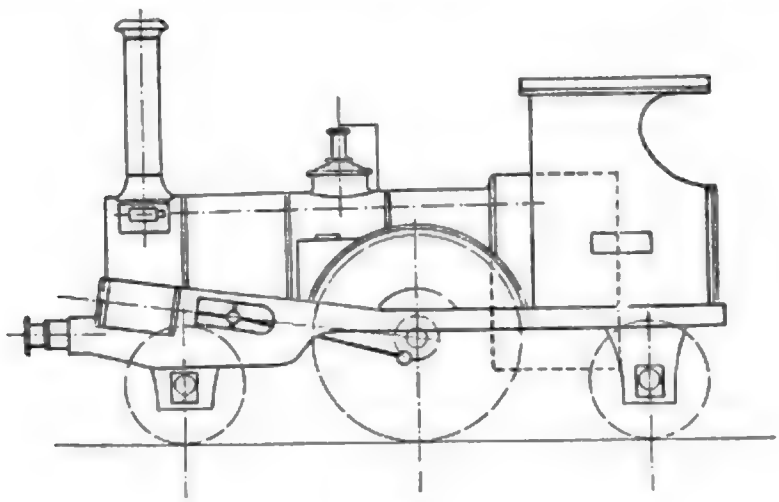


Fig. 1.

Verbundwirkung in ganz eigenartiger Ausführung zur Anwendung kam, welche ihre Vorteile kaum zum Ausdruck kommen ließ, erfolgte endlich eine so glückliche Lösung, dafs die neuesten Verbundlokomotiven der London and North-Western R. als vollkommen zweckmäßig erscheinen können. Der Maschinen-Direktor dieser Bahn F. W. Webb,[1]) welcher, wie dies in England gebräuchlich, auch Vorstand der übrigen technischen Dienstzweige ist, hat bereits 1879 eine aus dem Jahre 1848 stammende $^1/_2$ gekuppelte Schnellzuglokomotive in eine Verbundlokomotive umgebaut. (Fig. 1.) Dieselbe hatte als Zwillingslokomotive folgende Hauptabmessungen:

[1]) F. W. Webb zog sich 1903 von dieser Stellung zurück, welche er durch 31 Jahre bekleidet hat.

Digitized by Google

Zylinder-Durchmesser	381	mm
Kolbenhub	508	-
Triebraddurchmesser	1829	-
Heizfläche	77,1	m^2
Rostfläche	0,99	m^2
Kesseldruck	9,85	kg/cm^2
Gesamtes Dienstgewicht	20,3	t
Gesamter Radstand	3962	mm.

Bei dem Umbau wurde ein alter Hochdruckzylinder als Niederdruckzylinder beibehalten und sein Durchmesser auf 394 mm gebracht, der neue Hochdruckzylinder erhielt 229 mm Durchmesser, so dafs sich das Volumen-Verhältnis der beiden Zylinder auf 1 : 2,96 stellte. Als Anfahrvorrichtung war ein Wechselschieber, Bauart Mallet[1]) angeordnet. Die Steuerungen ergaben beiderseits gleiche Füllungen. Die Lokomotive machte in dieser Form durch fünf Jahre Dienst auf der Nebenlinie Ashky-Nuneaton und soll vollkommen entsprochen haben. Es mufs aber vermutet werden, dafs entweder diese Lokomotive als Zwillingsmaschine zu große Zylinder besaß, oder dafs die Beanspruchung auf der genannten Nebenlinie sehr gering war, da sich die Anzugkräfte der Lokomotive in beiden Formen wie 1 : 0,54 verhalten. Bekanntlich kann man beim Umbau von Zwillingslokomotiven in Verbundlokomotiven mitunter kaum einen der vorhandenen Zylinder als Hochdruckzylinder verwenden, sondern ist in der Regel gezwungen, wenn die gleiche Anzugkraft beibehalten werden soll, dem Hochdruckzylinder der Verbundlokomotive einen größeren Durchmesser zu geben, als einem Zylinder der Zwillingslokomotive. Die Art der Anfahrvorrichtung ist hierfür ausschlaggebend.

Um die Zeit des genannten Versuches stellte sich bei der London and North-West R. die Notwendigkeit heraus, für die damals im Schnellzugdienst fast ausnahmslos verwendeten ungekuppelten Lokomotiven einen kräftigeren Ersatz zu erhalten. Da gekuppelte Lokomotiven damals und vielfach auch heute in England als weniger wirtschaftlich und für hohe Fahrgeschwindigkeiten minder geeignet angesehen werden, versuchte Webb die Verbundbauart in eigenartiger Weise auf Lokomotiven mit zwei freien Triebachsen anzuwenden. Die erste Lokomotive dieser Art wurde Anfang 1882 hergestellt und versieht heute noch ihren Dienst. Diese Lokomotive Namens „Experiment“ hatte zwei außerhalb der Rahmen liegende Hochdruckzylinder von 292 mm Durchmesser, deren Gestänge die zweite, hinter der Feuerbüchse gelagerte Achse betrieben; die Triebzapfen dieser Achse waren in gebräuchlicher Weise um 90° versetzt. Ein Niederdruckzylinder von 660 mm Durchmesser lag unter der Rauchkammer zwischen den Rahmen und betrieb die erste vor der Feuerbüchse gelagerte Triebachse mit einfacher Kröpfung. Der Hub sämtlicher Kolben betrug 610 mm. Eine Verkuppelung der beiden Triebachsen ist nicht vorhanden und wäre nach Aussage des Konstrukteurs selbst ein bedeutender Unterschied im Durchmesser der beiden Triebräderpaare ohne Nachteil.[2])

[1]) Eisenbahntechnik der Gegenwart, I. Lokomotiven. S. 216.

[2]) Bekanntlich versuchte die französische Nordbahn schon wiederholt an Verbundlokomotiven. Bauart de Glehn, das Weglassen der Kuppelstangen, ohne dafs sich ein wirklicher Vorteil, wohl aber Nachteile gezeigt haben.

Digitized by Google

Die Schieber der Hochdruckzylinder liegen unterhalb der Zylinder; sie heben sich beim Leerlauf ab. Die Steuerung ist nach Joy und wird von einer Gegenkurbel und von der Schutzstange aus betrieben. Die Schwinge hatte eine eigenartige zylindrische Führung, welche auch bei später ausgeführten Lokomotiven beibehalten wurde. Die Steuerung des Niederdruckzylinders war nach der gewöhnlichen Ausführung von Joy. Der Schieberkasten lag oberhalb des Dampfzylinders. Die Schieber der Hochdruckzylinder hatten Überströmkanäle. Die Steuerungen wurden getrennt, jene der Hochdruckzylinder mit Schraube und Rad, die des Niederdruckzylinders durch Hebel von der linken Seite des Führerstandes verstellt.[1]) Die Einströmungsröhre der Hochdruck-

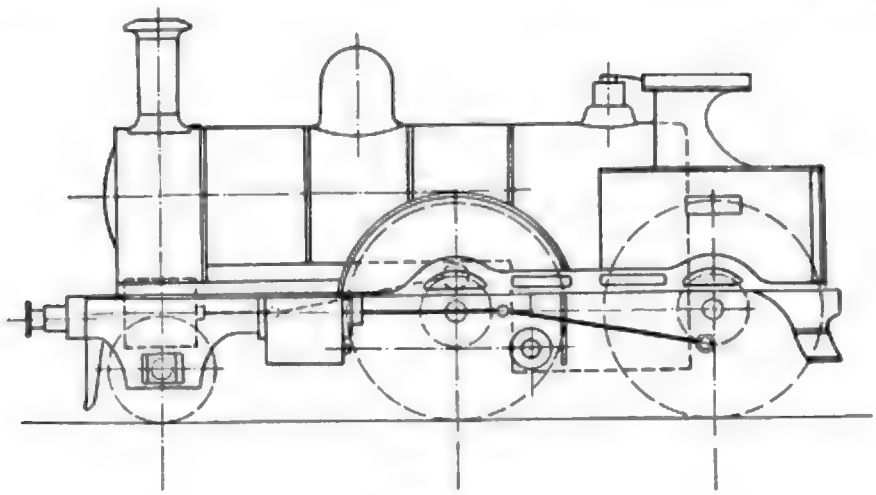


Fig. 2.

zylinder haben einen Durchmesser von 76 mm. Die beiden Rohre, welche den Dampf von den Hochdruckzylindern zum Niederdruckzylinder führen, besitzen 102 mm Durchmesser und sind vor ihrem Eintritt in den Niederdruckzylinder im Bogen durch die Rauchkammer geführt. Am Schieberkasten des Niederdruckzylinders ist ein Sicherheitsventil angebracht, welches bei mehr als 5,98 kg/cm² Druck abbläst. Eine eigentliche Anfahrvorrichtung ist nicht vorhanden, doch kann mit einer dünnen Rohrleitung dem Niederdruckzylinder Kesseldampf zugeführt werden. Der dazugehörige Absperrhahn ist dem Führer zugänglich. Im Betrieb scheint man jedoch von dieser Dampfleitung nur Gebrauch gemacht zu haben, um den Niederdruckzylinder vorzuwärmen. Im übrigen zeigt die Lokomotive noch einige Eigentümlichkeiten. Die führende Laufachse ist nach Bauart Webb mit einer Rückstellfeder ausgerüstet. Auch der doppelsitzige, entlastete Regler und die Feuertür sind nach Webb. (Fig. 2.) Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind folgende:

[1]) Auf den Strecken der London and Western R. wird links gefahren, da die Signale daher links stehen, ist auch der Führerstandplatz links gewählt.

Digitized by Google

Durchmesser des Hochdruckzylinders	292 mm
- - Niederdruckzylinders	660 -
Hub	610 -
Triebraddurchmesser	1981 -
Laufraddurchmesser	1067 -
Gesamter Radstand	5359 -
Abstand der Triebachsen	2515 -
Gesamte Heizfläche	100,05 m²
Heizfläche der Rohre	91,04 -
- der Feuerbüchse	8,41 -
Rostfläche	1,59 -
Dampfdruck	10,55 kg/cm²
Anzahl der Feuerrohre	198
Durchmesser der Feuerrohre	44 mm
Gewicht im Dienst	38,25 t
Gewicht auf der 1. Triebachse	14,43 t
- - - 2. -	13,56 t
Gesamtes Reibungsgewicht	27,79 t

Das Volumenverhältnis der Dampfzylinder ist 2,25, für den verhältnismäßig niederen Dampfdruck hoch bemessen. Die anfängliche Anzugskraft beträgt:

$$Z_a = \frac{0{,}95 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = \frac{0{,}95 \cdot 10{,}55 \cdot 29{,}2^2 \cdot 610}{1981} = 2656 \text{ kg}^1)$$

doch darf hierbei im Verbinder kein Gegendruck vorhanden sein. Das Reibungsgewicht der Triebachse ist hierbei gut ausgenützt, da 157 kg Zugkraft auf 1 Tonne Reibungsgewicht entfallen. Da jedoch im Verbinder ein Gegendruck bis zu 5,28 kg/cm bestehen kann, und auf die Mithilfe des Niederdruckzylinders nicht gerechnet werden darf, dessen Kolben möglicherweise am Hubende liegt, so kann die anfängliche Zugkraft auch mitunter nur die Hälfte der vorhin berechneten Anzugkraft erreichen.

$$Z_a = \frac{0{,}95 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = \frac{0{,}95 \cdot (10{,}55 - 5{,}28)\ 29{,}2^2 \cdot 610}{1981} = 1337 \text{ kg}$$

Da diese Zugkraft kaum genügt, einen schwereren Zug anzufahren und dem Führer keine Mittel an die Hand gegeben sind, den Gegendruck im Aufnehmer zu vermindern, dürfte dieser Umstand häufig zu Schwierigkeiten geführt haben.

Im übrigen war man mit den Leistungen der „Experiment“ ganz zufrieden. Während eines einjährigen Betriebes, in welchen sie rund 160 000 km zurücklegte, ergaben sich keinerlei Mängel. Die Lokomotive wurde hauptsächlich für die irischen und schottischen Schnellzüge, welche die Strecke Euston (London)—Crewe (257 km) ohne Aufenthalt zurücklegen, verwendet. Im allgemeinen wurde diese Fahrt bei Verwendung doppelter Lokomotivmannschaft täglich zweimal ausgeführt. Für einen Zugkilometer ergab sich ein Verbrauch von 7,400 kg Kohle. Das stellt einen Gewinn von rund 23%

[1]) Eisenbahntechnik der Gegenwart, I. Lokomotiven. Seite 256.

Digitized by Google

gegen den Verbrauch $^2/_3$ gekoppelter Zwillingslokomotiven mit Dampfzylindern von 432 mm Durchmesser vor, welche im übrigen ganz gleiche Abmessungen besaßen und den gleichen Dienst verrichteten. Auf der Strecke London—Crewe kommen Steigungen von 3,08 auf längeren Strecken (bis 11 km) vor. Auf der Strecke Crewe—London ist ein 4 km lange Steigung von 9,0 ‰ erwähnenswert. Auf Grund dieser Ergebnisse entwarf Webb noch im Jahre 1882 Pläne für eine neue Lokomotivart, welche nur in wenigen Abmessungen von der „Experiment" abwich. Die Durchmesser der Hochdruckzylinder wurden von 292 mm auf 330 mm gebracht, während der Niederdruckzylinder einen Durchmesser von 660 mm beibehielt. Hierdurch wurde zwar das Volumsverhältnis auf 1 : 2,00 erniedrigt, die größte und kleinste Anzugskraft ohne Mithilfe des Niederdruckzylinders jedoch auf 2675 beziehungsweise 1350 kg erhöht, wodurch bereits mehr Gewähr für ein günstiges Anfahren geboten war als bei der „Experiment". Auch an der Steuerung wurden einige Änderungen vorgenommen. Die Hauptmessungen der Steuerungsteile waren folgende:

Hochdruckzylinder.

Breite des Einströmkanales . . .	28,6 mm
- - Ausströmkanales . . .	63,5 -
Länge der Kanäle	228,6 -
Äußere Überdeckung	19,0 -
Innere Überdeckung	0,0 -
Voreilung	3,2 -
Größte Füllung	70 %
Größter Schieberhub	79,4 mm

Niederdruckzylinder.

Breite der Einströmkanäle . . .	50,8 mm
- des Ausströmkanales . . .	82,5 -
Länge der Kanäle	406,4 -
Äußere Überdeckung	25,4 -
Innere Überdeckung	0,0 -
Voreilung	4,8 -
Größte Füllung	75 %
Größter Schieberhub	114,3 mm

Nach dieser Bauart wurden 1883—1884 30 Lokomotiven ausgeführt. Die Wirtschaftlichkeit derselben war befriedigend und war der Kohlenverbrauch für das Zugkilometer um 7 bis 15 % geringer als bei den Zwillingslokomotiven. Auf Steigungen konnten die Verbundlokomotiven eine höhere Fahrgeschwindigkeit einhalten als die Zwillingslokomotiven, wogegen auf der Horizontalen und auf leichten Gefällen das Einhalten größerer Geschwindigkeiten sich schwieriger gestaltete, so dafs im Durchschnitt durch die Verbundlokomotiven eine Abkürzung der Fahrzeiten nicht erreicht werden konnte. Die größere Geschwindigkeit auf Steigungen erklärt sich aus der besseren Dampfausnutzung durch die Verbundwirkung bei größeren Füllungsgraden und mittleren Geschwin-

Digitized by Google

digkeiten. (3,5 Umdrehungen in der Sekunde = 78,4 km per Stunde.) Bei sehr hohen Geschwindigkeiten jedoch boten die engen, langen, vielfach gekrümmten Aufnehmerrohre und die geringen Kanaleröffnungen dem Dampf solche Widerstände, dafs die Verbundlokomotiven hinter den Zwillingslokomotiven zurückblieben. Ein in den „Proceedings“ der „Institution of mechanical engineers“ vom Jahre 1883 veröffentlichte Dampfdruckschaulinie der „Experiment“ zeigt, dafs bei einer Füllung von 35 % in den Hochdruckzylindern und 75 % im Niederdruckzylinder bei 80,5 km/Stunde Fahrgeschwindigkeit die Dampfdruckschaulinien des Hochdruckzylinders infolge großen Gegendruckes im Aufnehmer eine Schlinge bildet, und dafs der Druckabfall zwischen Beginn und Ende der Einströmung 3,8 kg/cm² beträgt. Beide Umstände lassen erkennen, dafs kleinere Füllungen als 35 % kaum vorteilhaft erscheinen dürften, insbesondere wenn noch höhere Geschwindigkeiten in Anwendung kommen. Da übrigens je nach der zufälligen Kurbelstellung, welche die beiden unabhängigen Maschinengruppen zu einander einnehmen, die Gestaltung der Schaulinien sich verändert, kann nach dem einen veröffentlichten Schaubild kein sicherer Schlufs auf die Güte der Maschine gezogen werden. Das erste Anfahren bot auch diesen Lokomotiven Schwierigkeiten, und machten dieselben häufig Verspätungen, wenn sie auf stärkeren Steigungen angehalten wurden und neuerdings anfahren mufsten. Da um diese Zeit die Verbundwirkung an Lokomotiven seitens der Fachleute mit großer Aufmerksamkeit beobachtet wurde und in den Zeitschriften und Fachvereinen alle Vor- und Nachteile lebhaft erörtert wurden, konnten auch die Mängel der Bauart Webb nicht unbekannt bleiben. Leider wurden dieselben mehr der Verbundbauart selbst, statt der besonderen Bauart Webb zugeschrieben, deren eigentümliche Anordnung sie verschuldete, und so kam die Verbundlokomotive in England zu einem so schlechten Ruf, dafs sie sich heute noch nicht davon erholt hat; es ist dies um so bedauerlicher, als dieser Umstand es verschuldet hat, dafs eine andere Verbundbauart, welche als durchaus lebensfähig bezeichnet werden mufs, nach einem kurzen Zeitraum von den Eisenbahnen wieder verschwunden ist, obwohl die Erfolge viel befriedigender waren als mit den dreizylindrigen Verbundlokomotiven Bauart Webb. Von dieser Bauart soll weiter unten noch ausführlicher die Rede sein. Bis zum Jahre 1885 wurden noch 30 Stück Lokomotiven gebaut, welche sich von der „Experiment“ nur durch die größeren Hochdruckzylinder unterschieden. Diese Lokomotivklasse wurde nach dem Namen der ersten derselben mit „Compound“ bezeichnet. Dieselbe wurde im regelmäßigen Dienst zu den Schnellzügen von London nach Carlisle verwendet, welche Strecke meistens an einem Tage zweimal durchfahren wurde. Es ergibt dies eine Tagesleistung von 968 km, welche wohl damals ohne gleichen war. Die Steigungsverhältnisse bis Crewe wurden bereits weiter oben besprochen. Die Strecke Crewe-Carlisle hat in ihrem letzten Drittel eine bedeutende Wasserscheide zu überschreiten, welche in der genannten Richtung Steigungen von 8 bis 10 ‰, zuletzt auf 8,8 km Länge 13,33 ‰ fordert. Am Ende dieser Shap-Bank genannten Rampe, welche unter den Lokomotivführern gefürchtet ist, liegt der 2925 m lange Box-Tunnel, teilweise in einer Steigung von 8 ‰. In der Gegenrichtung ist vor dieser Wasserscheide eine fast 11 km lange Steigung von 8,0 ‰. Auf der Steigung von 13,3 ‰ vermochten die ²/₃ gekuppelten Zwillingslokomotiven noch Züge von 170 t Wagengewicht zu befördern, mit welchen

sie auf der Strecke London—Carlisle im Mittel 70,4 km/Stunde einhalten konnten. Mit den Verbundlokomotiven der „Compound"-Klasse konnte das kaum anstandslos durchgeführt werden und traten selbst bei leichteren Zügen Schwierigkeiten auf, wenn die Rampen nicht rasch genug angefahren wurden. Da außerdem die Schnellzüge immer schwerer wurden und auf eine Beschleunigung derselben Rücksicht genommen werden mufste, entschlofs sich Webb 1884 eine neue, stärkere Klasse von Verbundlokomotiven seiner Bauart zu entwerfen. Bevor auf die Besprechung derselben eingegangen werden soll, mufs noch ein Versuch erwähnt werden, welcher 1884 mit einer Lokomotive der Metropolitan-District R. unternommen wurde. Es ist dies eine Lokomotive einer Gruppe von Tenderlokomotiven, welche bei Beyer, Peacock & Co. in Manchester gebaut werden und die Züge der London a. North-West R. über Willesden nach den Stationen Broadstreet und Mansion House der Metropolitan R. zu bringen haben. Die umgebaute Lokomotive No. 2063, welche auch einen neuen Kessel mit 10,55 kg/cm² Betriebsspannung erhielt, hatte ein führendes zweiachsiges Drehgestell und zwei Triebachsen, welche in ganz gleicher Weise wie bei der „Experiment" und der „Compound" durch getrennte Triebwerke bewegt wurden. Auch hier waren die Kuppelstangen weggelassen. Die Abmessungen der Zylinder und der Steuerung waren gleich wie bei den Lokomotiven der „Compound"-Klasse. Die Triebräder hatten jedoch bloß 1753 mm Durchmesser. Die Hauptabmessungen der Lokomotive waren:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	292 mm
- - Niederdruckzylinders	660 -
Hub	610 -
Triebraddurchmesser	1753 -
Gesamter Radstand	6147 -
Gesamte Heizfläche	95,57 m²
Heizfläche der Rohre	86,72 -
- - Feuerbüchse	8,85 -
Rostfläche	1,36 -
Dampfdruck	10,55 kg/cm²
Anzahl der Feuerrohre	177
Durchmesser der Feuerrohre	47,6 mm
Gewicht im Dienst	47,6 t
Reibungsgewicht	36,1 t

Die Ergebnisse mit dieser Lokomotive müssen nicht befriedigt haben, denn es wurde keine weitere in dieser Weise umgebaut. Es war aber auch sehr gewagt, eine Lokomotive für eine Stadtbahn nach einer Bauart auszuführen, welche in Bezug auf Anfahren unsicher zu nennen ist. Der Dienst auf Stadtbahnen erfordert gerade in dieser Beziehung mehr von den Lokomotiven als irgend ein anderer. Außerdem ist das Längenprofil der Metropolitan R. durchaus kein günstiges. Es war daher eigentlich ziemlich sicher vorauszusehen, dafs der Versuch mifslingen mufste.

Von der 1884 neu entworfenen Schnellzuglokomotivbauart mit Verbundwirkung war 1885 auf der Erfinder-Ausstellung in London eine, die „Machioness of Stafford" ausgestellt. Die ganze Lokomotivklasse war jedoch nach der ersten Lokomotive dieser

Digitized by Google

Bauart „Dreadnought“ benannt; sie unterschieden sich von den Lokomotiven der „Compound“-Klasse durch bedeutend größere Abmessungen und einen höheren Dampfdruck. (12,82 kg/cm² gegen 10,55 kg/cm²).

Das maßgebende Raumverhältnis der Zylinder war 1 : 2 · 29. Die Zylinder selbst waren im Verhältnis zu dem vergrößerten Reibungsgewicht und dem stärkeren Kessel vergrößert. Die Triebräder hatten einen etwas kleineren Durchmesser als die „Compound“-Klasse (1905 mm gegen 1981 mm). Der Niederdruckzylinder lag bei der neuen Bauart vor der führenden Laufachse und nicht wie bei den älteren Lokomotiven über derselben. Die Steuerungen für die beiden Maschinengruppen waren mit Hilfe einer Schraubenspindel und eines Handrades getrennt verstellbar, welche Ausführung von Webb patentiert war. Das Sicherheitsventil am Aufnehmer war entsprechend dem höheren Kesseldruck mit 5,63 kg/cm² belastet. Die Abmessungen der Steuerungen waren zwar günstiger wie bei der „Compound“-Klasse, doch waren die Querschnitte der Einströmungen insbesondere am Niederdruckzylinder verhältnismäßig klein gehalten. An den Zischhähnen des Niederdruckzylinders waren Sicherheitsventile angebracht. (Fig. 3 und 4 umstehend). Die Hauptabmessungen dieser Lokomotivenklasse waren:

Hochdruchzylinder-Durchmesser	355,6 mm
Niederdruckzylinder- -	762,0 -
Hub	610 -
Durchmesser der Triebräder	1905 -
- - Laufräder	1143 -
Gesamter Radabstand	5512 -
Radabstand der Triebachsen	2916 -
Gesamte Heizfläche	130,20 m²
Heizfläche der Feuerbüchse	14,78 -
- - Rohre	115,42 -
Anzahl der Rohre	225
Durchmesser der Rohre außen	47,6 mm
Länge der Rohre zwischen Rohrwänden	3429 -
Rostfläche	1,90 m²
Dampfdruck	12,82 kg/cm²
Gewicht im Dienst	43,18 t
Reibungsgewicht	30,48 t
Gewicht des Tenders im Dienst mit 5 t Kohle und 8,1 m³ Wasser	25,43 t

Der Tender ist mit der Ramsbottomschen Füllvorrichtung ausgestattet, daher erklärt sich der geringe Wasserraum.

Da die Abmessungen der Steuerung für die Beurteilung der Vollkommenheit von Verbundlokomotiven wichtig sind, folgen hier einige derselben:

	Hochdruckzylinder	Niederdruckzylinder
Breite der Einströmkanäle	44,5 mm	50,8 mm
- - Ausströmkanäle	69,8 -	120,6 -
Länge der Kanäle	254,0 -	457,2 -
Äußere Überdeckung	22,2 -	25,4 -
Innere -	— 3,8 -	— 6,3 -
Voreilung (gleichbleibend)	3,2 -	4,8 -
Größter Schieberhub	88,9 -	114,3 -

Digitized by Google

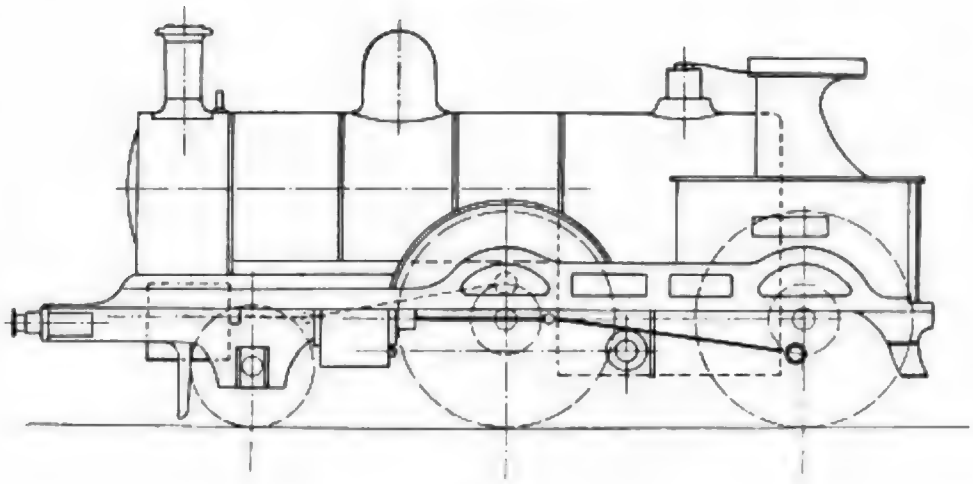


Fig. 3.

Fig. 4.

Digitized by Google

Durchmesser der Einströmrohre im Hochdruckzylinder (je eines vorhanden) 76,2 mm
Durchmesser der Aufnahmerohre (zwei) . . . . . 127,0 -
- - Ausströmrohre des Niederdruckzylinders (zwei) . . . . . 152,4 -

Da eine Änderung in Bezug auf die Anfahrfähigkeit bei diesen Lokomotiven gegenüber der „Compound“-Klasse nicht gemacht wurde, war die anfängliche Zugkraft ohne Mithilfe des Niederdruckzylinders bestenfalls:

$$Z_a = \frac{0{,}95 \cdot p \cdot d^2 \cdot \eta}{D} = \frac{0{,}95 \cdot 12{,}32 \cdot 35{,}6^2 \cdot 610}{1905} = 4747 \text{ kg}$$

Ist im Aufnehmer jedoch bereits Dampf, ohne dafs der Niederdruckkolben Hilfe leisten könnte, so kann die Zugkraft beim Anfahren auf

$$Z_a = \frac{0{,}95 \cdot (12{,}32 - 5{,}63) \cdot 35{,}6^2 \cdot 610}{1905} = 2579 \text{ kg}$$

sinken. Obwohl die Anzugkräfte günstiger als bei der „Compound“-Klasse sind und bei der Annahme eines maschinellen Wirkungsgrades von 0,9 die Belastung der Triebachse noch mit 152 kg/t ausgenützt wird, kam es häufig vor, dafs die Lokomotiven auf offener Strecke beim Wiederanfahren eines Zuges in Not gerieten und bedeutende Verspätungen machten. In größeren Stationen ließ man bei der Ingangsetzung des Zuges eine schiebende Lokomotive Hilfe leisten. Insbesonders wurde die auf der Euston-Station in London notwendig, welche am Fuß einer Rampe von 14,3 ‰ liegt.

Die Lokomotiven haben nicht den gehegten Erwartungen entsprochen, da sie nicht fähig waren, die $^2/_3$ gekuppelten Zwillingslokomotiven in der Strecke Crewe—Carlisle zu ersetzen. Die Ursache war die soeben erörterte unzulängliche Anfahrzugkraft, welche auf Bergstrecken weit fühlbarer wurde, als auf der ebenen Strecke London—Crewe.

Auf letzterer Strecke vermochten die „Dreadnoughts“ in Bezug auf Brennmaterialienverbrauch Ersparnisse gegenüber Zwillingslokomotiven aufzuweisen. Dieselben bewegten sich zwischen 8 und 24 %. Allerdings ist der Minderverbrauch teilweise dem höheren Dampfdruck der Verbundlokomotiven zuzuschreiben, welche 12,32 gegen 10,55 und 8,45 kg/cm² Kesseldruck besitzen.

Bemerkenswert ist eine am 19. März 1885 ausgeführte Probefahrt über die ganze London-Corlishe. Der Zug bestand aus 12 Wagen von zusammen 147 t. Die Strecken-Lokomotive samt Tender wog 63 t. Die 483 km lange Strecke wurde mit einer mittleren Geschwindigkeit von 71,9 km/Stunde zurückgelegt. Es wurden im Mittel für ein Zugkilometer 8,28 kg Kohle verbrannt. Die tatsächliche Verdampfung war 9,49/kg². Da Ausgangs- und Endstation in nahezu der gleichen Seehöhe liegen, ist es vielleicht zulässig die Lokomotivleistung nach der mittleren Fahrgeschwindigkeit zu rechnen. Werden die Widerstandsformeln der Französischen Nordbahn[1]) für Lokomotive und Zug getrennt eingeführt, so ergibt sich ein mittlerer Zugwiderstand von 1954 kg. Die indizierte Lokomotivleistung wäre dann im Mittel 521 PS. Es stellt sich dann der Verbrauch an Kohle zu 1,14 kg für die Pferdestärke und der Dampfverbrauch auf 10,78 kg für die Pferdestärke. Beides sind günstige Ziffern, die allerdings mitunter auch von Zwillings-

[1]) Revue generale des chemins de fer. Jahrg. 1891, S. 271.

Digitized by Google

lokomotiven erreicht werden. Die Verbrennung auf 1 m² Rostfläche war im Mittel 312 kg. Die Leistung des Kessels war 43,2 kg Dampf für ein m² Heizfläche und Stunde oder gerade 4,0 indizierten Pferdestärken. Interessant ist die Leistung auf der erwähnten Shap-Bank mit einer Steigung von 13,33 ‰ auf 8,8 km Länge, welche mit einer mittleren Geschwindigkeit von 53,3 km/Stunde durchfahren wurde. Die mittlere Zugkraft für diese Leistung ist 3905 kg. Sie ist also höher als die möglicherweise gebotene Zugkraft der Hochdruckmaschine allein, welche nur 2579 kg beträgt, man kommt also zu dem interessanten Schlufs, dafs diese Lokomotive denselben Zug, den sie mit 53,3 km/Stunde Fahrgeschwindigkeit über die Rampe führt, auf derselben nicht anfahren könnte Tatsächlich haben Lokomotiven derselben Bauart mit leichteren Zügen diese Rampe nicht überwinden können. Die besprochene Leistung berechnet sich zu 768 indizierten Pferdestärken oder 5,89 PS auf ein m² Heizfläche. Vermutlich wurde jedoch die Rampe mit einer höheren Geschwindigkeit angefahren und fiel letztere gegen Ende der Rampe tiefer als 53,3 km/Stunde. Da dies erfahrungsgemäß zutrifft, dürfte sich die Leistung etwas niedriger stellen. Auf den weniger ungünstigen Strecken der London and North-Western R. konnten die „Dreadnought's" Züge von 200 bis 220 t Wagengewicht mit mittleren Geschwindigkeiten von 72 bis 78 km/Stunde befördern. Sie wurden in der Tat auch nur auf diesen Strecken verwendet.[1])

Im Jahre 1885 baute Webb eine Anzahl Tenderlokomotiven, welche mit zwei Triebachsen und einer Laufachse an jedem Ende als „Doppelender" bezeichnet werden. Die Laufachsen sind in Achsbüchsen Bauart Webb gelagert und laufen solche Lokomotiven in Vorortverkehr in beiden Richtungen bis zu 90 km/Stunde. Neu ist an diesen Lokomotiven die Lage der Hochdruckschieber, welche wieder oberhalb der Zylinder angebracht sind. Außerdem hat Webb hier das erste Mal versucht dem Niederdruckkolben einen größeren Hub zu geben als den Hochdruckkolben, um so den Rauminhalt des Niederdruckzylinders ohne übertrieben großen Durchmesser entsprechend groß zu gestalten. Obwohl der Niederdruckzylinder nur 660 mm Durchmesser besitzt, konnte das Verhältnis der Rauminhalte auf 1 : 2,87 gebracht werden. Maschine und Steuerung wieß im Übrigen keine besondere Abweichung von den bis dahin von Webb gebauten Verbundlokomotiven auf. Die wichtigsten Abmessungen dieser Lokomotive sind:

Durchmesser der Hochdruck-Zylinders	355 mm
- - Niederdruck- -	660 -
Hub des Hochdruckkolbens	457 -
- - Niederdruckkolbens	660 -
Triebraddurchmesser	1740 -
Laufraddurchmesser	1143 -
Gesamter Radabstand	6604 -
Gesamte Heizfläche	92,90 m²
Rostfläche	1,82 -
Dampfdruck	11,20 kg/cm²
Gewicht im Dienst	52,8 t

[1]) Im Jahre 1893 bezog die Pensilvania R. in Nordamerika eine Lokomotive dieser Bauart versuchsweise. Die Ergebnisse müssen aber nicht befriedigt haben, da die Bauart Webb in Nordamerika nie wieder versucht wurde.

Digitized by Google

Im Jahre 1887 erbaute Webb eine Tenderlokomotive für Güterzüge, welche außer zwei Triebachsen noch eine Kuppelachse besaß. Die letztere war an die rückwärtige Triebachse gekuppelt und somit von den Hochdruckzylindern angetrieben. Die Lokomotive besaß eine führende Laufachse Bauart Webb und hatte dadurch das Aussehen einer $^3/_4$ gekuppelten Lokomotive. Durch diese eigentümliche Gruppierung der Achsen war von vornherein eine Teilung der Leistung im Verhältnis von beiläufig 1 : 2 zwischen Niederdruck- und Hochdruckmaschine bedingt. Das Verhältnis der Rauminhalte der Hochdruckzylinder zum Niederdruckzylinder war 1 : 2,20. Für das erste Anfahren ohne Mithilfe des Niederdruckzylinders ist im besten Fall (ohne Gegendruck im Aufnehmer) das Reibungsgewicht der gekuppelten Achsen eben ausgenützt. Im ungünstigsten Fall ist die Zugkraft aber so gering, daß auch eine Achse genügen würde, sie zu übertragen. Die Hauptabmessungen dieser Tenderlokomotiven waren:

Durchmesser der Hochdruckzylinder	356 mm
- des Niederdruckzylinders	762 -
Hub der Kolben	610 -
Triebraddurchmesser	1588 -
Laufraddurchmesser	1143 -
Gesamter Radstand	6553 -
Fester Radstand	4267 -
Anzahl der Rohre	198
Durchmesser der Rohre	67,6 mm
Heizfläche der Rohre	93,30 m²
Gesamte Heizfläche	102,08 -
Rostfläche	1,59 -
Kesseldruck	11,25 kg/cm²
Dienstgewicht	55,88 t
Wasservorrat	6.36 -

Die einzige Locomotive dieser Bauart No. 777 war auf der Jubiläumsausstellung in Manchester im Jahre 1887 ausgestellt.

Im selben Jahre führte Webb eine verstärkte Bauart von doppelendigen Tenderlokomotiven mit Verbundwirkung aus. Die Hauptabmessungen waren dieselben wie der älteren Bauart vom Jahre 1885. Um die Schwierigkeiten des Anfahrens zu verringern wurde der Hub der Hochdruckkolben größer gewählt. Er wurde 508 gegen 457 mm. Das Verhältnis der Zylinderinhalte verringerte sich dadurch auf 1 : 2,12. Ein Teil dieser Lokomotiven besaß auch Ramsbottomsche Tenderfüllvorrichtungen um rasche Vorortzüge leichter befördern zu können.

1889 wird abermals eine neue Bauart von Verbundschnellzuglokomotiven eingeführt, welche übrigens grundsätzlich nichts neues bildet. Der Raddurchmesser der Triebräder wird auf 2159 mm gebracht. Das gesammte Dienstgewicht stellt sich auf 46,23 t. Zylindersteuerung und Kessel sind jedoch genau wie bei der „Dreadnought"-Klasse ausgeführt. Zur Vergrößerung der Triebräder führte der Umstand, daß die Verbundlokomotiven sich nicht fähig erwiesen auf der ungünstigeren Strecke Crewe—Carlisle verwendet zu werden, wogegen sie für schnelle Züge auf ebeneren Strecken

Digitized by Google

sehr brauchbar waren; der größere Raddurchmesser sollte höhere Geschwindigkeiten auf den geringen vorhandenen Gefällen ermöglichen. Die Verbundlokomotiven konnten im Allgemeinen auf diesen Gefällen, welche größtenteils 3,03 ‰ betragen nicht so hohe Geschwindigkeiten erreichen als die $^2/_3$ gekuppelten Zwillingslokomotiven. Der Grund hierfür dürfte in dem Widerstand zu suchen sein, welchen der Dampf in den langen, verhälnismäßig engen Aufnehmerrohren bei diesen hohen Geschwindigkeiten findet. Da hierbei die Lokomotiven voll ausgenutzt werden und im Hochdruckzylinder kleine Füllungen notwendig werden, ergaben sich auch starke Druckabfälle und Kompressionen, welche die Führer durch große Füllungen im Niederdruckzylinder zu vermindern suchen. Bei größeren Füllungen im Hochdruckzylinder und kleinen Fahrgeschwindigkeiten mufste der Niederdruckzylinder aber wegen des geringen Zylinderraumverhältnisses auch große Füllungen erhalten. Die Führer ließen daher die Niederdrucksteuerung meist ganz ausgelegt und regelten die Fahrgeschwindigkeit nur mit der Hochdrucksteuerung. Webb baute aus diesem Anlafs bei sämtlichen folgenden Dreizylinderverbundlokomotiven die Niederdrucksteuerung nur für einen Füllungsgrad und ohne Umsteuerung. Statt der vielteiligen Steuerung Bauart Joy wird nur ein loses Excenter verwendet, welches durch einen Mitnehmer auf der Kurbel unter dem Voreilungswinkel sowohl beim Vorwärts als auch beim Rückwärtsgang angetrieben wird. Bei dem Bewegungswechsel der Lokomotive blieb die Steuerung solange ruhig bis der Mitnehmer wieder am Excenter angegriffen hatte. Diese Anordnung wurde sehr beliebt. Dafs bei kleineren Füllungen in den Hochdruckzylindern und geringerer Fahrgeschwindigkeit die große Füllung im Niederdruckzylinder sehr unvorteilhaft war, wurde nicht empfunden, da diese Verhältnisse im Betrieb selten auf längere Zeit auftraten.

Die erste Lokomotive mit einer solchen Steuerung war die „Jeanie Deans“, welche im übrigen gleich wie die „Dreadnought“-Klasse gebaut war. Von diesen Lokomotiven ist eine Anzahl bemerkenswerter Leistungen bekannt geworden. So beförderte die Lokomotive „Jeanie Deans“ durch einige Jahre die Schottischen Expreſszüge zwischen London und Crowe und zurück im Mittel mit 80,4 und 84,1 km/Stunde Fahrgeschwindigkeit, trotzdem die Zugbelastungen in beiden Richtungen bis 270 t stiegen. Lange Steigungen von 3,03 ‰ wurden dabei noch im Mittel mit 70 bis 72 km/Stunde zurückgelegt. Auf gleich großen Gefällen stieg die Geschwindigkeit nicht über 108 bis 110 km/Stunde. Hervorgehoben ist die Leistung der „Adriatic“, welche am 22. August 1895 gelegentlich der bekannten Wettfahrten zwischen den Ost- und Westküstenlinien nach Aberdeen die Strecke London—Crewe (255,9 km) im Mittel mit 103,5 km/St. zurücklegte. Die Zugbelastung bestand allerdings nur aus 3 achträdrigen Wagen von zusammen 71,6 t. Auf einer Steigung von 3,03 ‰ wurden beiläufig 98 auf 0,00 ‰ 105 km/Stunde eingehalten. Für Züge auf schwierigeren Strecken und öfteren Aufenthalten verwendete man noch immer die älteren $^2/_3$ gekuppelten Zwillingslokomotiven, welche trotz eines Raddurchmessers von 1981 mm auf Gefällen bis zu 130 km/Stunde fahren konnten.

Als sich für die stets wachsenden Zuglasten auch die Lokomotiven der „Teutonic“-Bauart zu schwach erwiesen, entwarf Webb 1890 eine neue Type, welche jedoch in Bezug auf die Anordnung der Verbundwirkung von den älteren Lokomotiven nicht

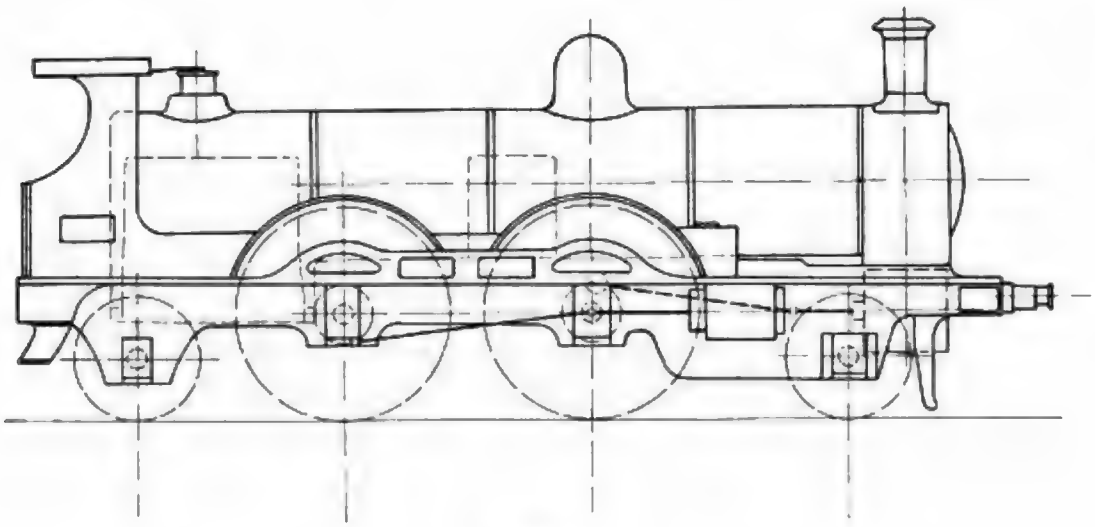


Fig. 5.

Fig. 6.

Digitized by Google

viel abwich. Da eine besondere Erhöhung der Kesselleistung beabsichtigt war, wurde an der neuen Bauart eine weitere Laufachse unter der Feuerbüchse angeordnet, so dafs die Lokomotive einer Type entsprach, welche am Kontinent mit „Orleans“ bezeichnet wird. Bekanntlich ist diese Bauart heute allgemein verlassen, nachdem sie 1893 bis 1895 in Nordamerika einige vielversprechende Ausführungen erlebte.

Zuerst wurden zwei Lokomotiven dieser Bauart ausgeführt „Queen Empress“ und „Greater Britain“. (Fig. 5 und 6.) Die letztere wurde 1893 in Chicago aufgestellt und erregte dort bedeutendes Aufsehen aber auch scharfe Kritik.

Diese beiden Lokomotiven wiesen folgende bemerkenswerte Einzelnheiten auf: Die führende Laufachse ist nach Bauart Webb verstellbar. Die rückwärtige Laufachse ist fest gelagert. Der Langkessel hat in seiner Mitte eine Verbrennungskammer und sind dadurch zwei Rohrbündel geschaffen. Die Steuerung des Niederdruckzylinders wird durch ein loses Excenter besorgt, wie dies bereits bei den Lokomotiven der „Jeanie Deans“-Klasse ausgeführt war. Die Steuerung der Hochdruckzylinder war Bauart Stephenson und lag diese sowie die Schieberkästen innerhalb der Rahmen. Die „Greater Britain“ hatte noch eigentümliche Kolbenschieber aufzuweisen, welche ohne besondere Dichtungen in gufseisernen Gehäusen liefen. Jeder Hochdruckzylinder hatte zwei, der Niederdruckzylinder vier solche Schieber. Alle übrigen Lokomotiven dieser Bauart erhielten wieder gewöhnliche Schieber. Bemerkenswert ist, dafs trotz des großen Gewichtes dieser Lokomotiven ihre Rostfläche gleich und die Heizfläche nur unbedeutend größer war als bei der „Teutonic“-Klasse. Die Hauptabmessungen der „Greater Britain“ waren folgende:

Hochdruckzylinder-Durchmesser	381 mm
Niederdruckzylinder- -	762 -
Kolbenhub beider Zylinder	610 -
Durchmesser der Triebräder	2160 -
- - Laufräder	1257
Gesamter Radabstand	7214 -
Radabstand der Triebachsen	2515 -
Heizfläche der Feuerbüchse	11,14 m²
- - Feuerrohre	128,92 -
- - Verbrennungshammer	3,03 -
Gesamte Heizfläche	143,09 -
Rostfläche	1,90 -
Kesseldruck	12,32 kg/cm²
Anzahl der Rohre in einen Bündel	156
Durchmesser der Rohre	54 mm
Länge der Rohre	1776 und 3073 -
Gewicht auf der 1. Triebachse	15,5 t
- - - 2. -	15,5 t
Reibungsgewicht	31,0 t
Gesamtgewicht im Dienst	52,94 t
Gewicht des Tenders im Dienst	25,40 t

Digitized by Google

Wie ersichtlich hat man den Niederdruckzylinder wie bei der „Teutonic"-Klasse beibehalten jedoch die Hochdruckzylinder vergrößert. Dadurch hat sich zwar die Anfahrzugkraft verbessert, aber das Volumenverhältnis der Zylinder ist wieder auf 1 : 2,00 gefallen. Bei Anwendung des Ventils am Aufnehmer, welcher den Hochdruckzylindern eigenen Auspuff gestattet, ergibt sich die indizierte Anfahrzugkraft mit

$$Z_a = \frac{0.95 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = 4798 \text{ kg}$$

Nach Abzug der Maschinentreibung verbleiben 4078 kg am Radumfang. Es ist das für eine Triebachslast von 15,5 allerdings eine bedeutende Zugkraft, da jedoch niemals auf die Mithilfe der Niederdruckmaschine beim Anfahren gerechnet werden kann und darum auch für längere Steigungen die Reibung der ersten Triebachse einen fraglichen Wert besitzt, so ist selbst diese stärkste Verbundlokomotive Bauart Webb eigentlich einer ungekuppelten Lokomotive nicht überlegen. Tatsächlich haben auch diese Lokomotiven nie mehr geleistet als auf anderen Bahnen ungekuppelte Lokomotiven in Strecken mit ähnlichen Steigungen. Es ist zu bedauern, dafs Webb niemals den Versuch wagte, seine Dreizylinderverbundbauart dahin umzuändern, dafs an einer ungekuppelten Achse sämtliche drei Zylinder arbeiteten. Diese Bauart wäre in mancher Beziehung aussichtsreicher gewesen als die versuchten. Der Vollständigkeit halber seien hier noch die wichtigsten Abmessungen der Steuerungsteile der „Greater Britain" angeführt.

	Hochdruckzylinder	Niederdruckzylinder
Breite der Einströmkanäle . . .	41,3 mm	82,6 mm
- - Ausströmkanäle . . .	127.0 -	146,0 -
Äußere Überdeckung	23,8 -	25,4 -
Innere -	± 0	± 0
Voreilung bei größter Füllung . .	4,8 -	12,0 -
Größter Schieberhub	102.0 -	140,0 -

Über die Leistungsfähigkeit dieser Lokomotive ist folgendes bekannt geworden: Während eines 6 tägigen Dienstes (17.—22. April 1893) zwischen London und Carlisle wurden zusammen 5776,8 km zurückgelegt. Die mittlere Fahrgeschwindigkeit betrug hierbei 76,78 km/Stunde, während die mittlere Zugbelastung 160,4 t war. Im Mittel wurde für 1 Tonnen-Kilometer 0,0346 kg Kohle verbrannt. Das sind 332 kg Kohlen auf einen m² Rostfläche und Stunde, und rund 40 kg Dampf auf einen m² Heizfläche und Stunde. Mit der genannten mittleren Zugbelastung von rund 160 t dürfte ein Wiederanfahren auf der mehrfach erwähnten Shapbank von 13,8 ‰ kaum möglich sein, während bei Fahrten ohne Anfenthalt bei ungestörten Arbeiten der Maschinen die Reibung wohl genügt um die mäßige Zugbelastung über die genannte Steigung zu bringen. Die Lokomotiven der „Greater Britain"-Klasse wurden übrigens später auf der schwierigen Strecke Crewe-Carlisle ebensowenig wie die übrigen Verbundlokomotiven verwendet und wurde der Dienst auf derselben den alten $^2/_3$ gekuppelten Zwillingslokomotiven der „Precedent"-Klasse überlassen. Auf der weit günstigeren Strecke London-Crewe konnten allerdings bedeutend größere Lasten mit hohen Geschwindig-

Digitized by Google

keiten befördert werden. So wurde am 4. November 1891 ein aus 25 sechsräderigen Personenwagen bestehender Probezug im Gewicht von 310,4 t zwischen Crewe und London mit einer mittleren Geschwindigkeit von 69,06 km/Stunde befördert. In Rugby wurde ein längerer Aufenthalt genommen. Das schwierige Stück Crewe-Rugby wurde mit 66,3 km/Stunde im Mittel zurückgelegt. Die Ergebnisse dieser Fahrt waren folgende:

Gesamter Kohlenverbrauch	2443	kg
- Wasserverbrauch	26774	-
Verdampfung	10,96	-
kg Kohle für 1 Zugkilometer	9,00	-
- - 1 km t	0,0300	-
kg Verbrannte Kohle auf 1 m² Rostfläche und Stunde	352	-
kg Wasser verdampft auf 1 m² Heizfläche	50,8	-

Über die mittlere Lokomotivleistung sind leider keine Angaben vorhanden, so dafs der Kohlen- und Wasserverbrauch nicht auf die Leistungseinheit bezogen werden kann.

Endlich ist noch eine Fahrt bemerkenswert, welche von London nach Crewe stattfand. Die Belastung war 183,9 t und bestand aus 14 Wagen. Es konnten im Beharrungszustand folgende Geschwindigkeiten eingehalten werden:

Auf der Steigung von 3,06 ‰	76 bis	78	km/St.
- ebener Strecke	96 -	100	-
- dem Gefälle von 3,03 ‰	110 -	115	-

Bei äußerster Anstrengung konnte zweimal auf ganz kurze Zeit die größte Geschwindigkeit von 126 km/St. auf dem Gefälle von 3,03 ‰ erreicht werden.

Aus dieser und einigen anderen bekannt gewordenen Probefahrten wurden unter Zuhilfenahme der Widerstandswerte der französischen Nordbahn die Leistungen im Beharrungszustand ermittelt. Die beiden zur Bestimmung des Zugwiderstandes verwendeten Formeln lauten

$$\text{für Wagen } z = 1{,}6 + 0{,}10\, v \left(\frac{v + 50}{1000} \right)$$

$$\text{für die Lokomotive } z = 3{,}8 + 0.9\, v \left(\frac{v + 30}{1000} \right)$$

v bedeutet km/Stunde Fahrgeschwindigkeit. z ergibt sich in kg/t.

Nach dieser Berechnung wurden folgende Leistungen festgestellt:

Fahrgeschwindigkeit km Stunde	Indizierte Leistung PS.	Indizierte Leistung für 1 m² Heizfläche
70	800	5,58
80	855	5,97
90	905	6,33
100	950	6,74
110	995	6,95
120	1030	7,26

Wenn auch eine sichere Übereinstimmung mit den tatsächlichen Leistungen kaum zu erwarten ist, so läfst sich doch ein Vergleich mit der Leistung anderer Lokomotiven

Digitized by Google

auf die Art allein ziehen, da die Ergebnisse von Indizierungen nicht bekannt geworden sind. Die Leistungen zwischen 70 und 100 km/Stunde sind sehr glaubwürdig. Bei höheren Geschwindigkeiten dürften die Leistungen zu groß sein, weil die französische Formel wahrscheinlich für englische Verhältnisse zu hohe Werte liefert. So konnte z. B. die Geschwindigkeit von 126 km/Stunde auf einen Gefälle von bloß 3,08 ‰ erreicht werden. Nach den französischen Formeln wäre die zugehörige Lokomotivleistung unerreichbar hoch. Die Lokomotive selbst dürfte übrigens wegen der großen Lager- und Reibungsflächen und wegen des Fortfalls der Kuppelstangen einen geringen Widerstand besitzen.

Eine ungekuppelte Lokomotive (mit einer freien Triebachse) könnte bei gleich großem Kessel eigentlich fast das Gleiche leisten wie die beschriebene Lokomotive. Die Anzugkraft und die Leistung bei höheren Fahrgeschwindigkeiten ist gleich. Nur bei geringen Fahrgeschwindigkeiten kommt die Reibung beider Triebachsen in Betracht und ist deswegen die Zugkraft günstiger als bei einer Lokomotive mit einer freien Triebachse. Es ist zu zweifeln, ob die hierdurch erlangten Vorteile die Nachteile dieser Bauart auszugleichen vermochten. Durch stete Vergrößerung der Zuglasten traten übrigens die Mängel dieser Bauart immer klarer hervor, so dafs endlich eingesehen wurde, dafs trotz Vergrößerung der Abmessungen die Leistung nur eine beschränkte, durch die eigenartige Bauart bedingte sein könne. Es wurden zwar noch 10 Lokomotiven nach einer abgeänderten Bauart der „Greater Britain“ hergestellt, welche als „John Hick“-Klasse bezeichnet wurden. Bei denselben waren die Schieber in gewöhnlicher Weise ausgeführt und die Verbrennungskammer im Langkessel war weggelassen. Die Triebräder erhielten einen Durchmesser von 1905 mm, wodurch die Zugkraft bedeutend gesteigert wurde und die Lokomotiven fähig gemacht werden sollten, auch die ungünstige Strecke Crewe—Carlisle zu befahren. Aber die Ergebnisse scheinen doch nicht ganz befriedigt zu haben, denn man verwendete für schwere Züge auf der Strecke Crewe—Carlisle später wieder gekuppelte Lokomotiven.

(Fortsetzung folgt.)

IV. Kleinere Mitteilungen.

Das Technolexikon des Vereins Deutscher Ingenieure.

(Kurzer Bericht über den Stand der Arbeiten Februar 1904.)

An dem 1901 vom Verein Deutscher Ingenieure ins Leben gerufenen Unternehmen eines allgemeinen technischen Wörterbuches für Übersetzungszwecke (in den drei Sprachen Deutsch, Englisch und Französisch) arbeiten jetzt 363 in- und ausländische technische Vereine mit: 274 deutsche, österreichische und schweizerisch-deutsche, 51 englische, amerikanische, südafrikanische usw., und 38 französische, belgische und schweizerisch-französische. Von Firmen und Einzelpersonen haben 2573 ihre Originalbeiträge zugesagt.

Das Ausziehen sowohl ein- als besonders mehrsprachiger Texte (Lehrbücher, Abhandlungen, Geschäftsbriefe, Geschäftskataloge, Preislisten usw.) sowie ferner der bisherigen Wörterbücher ergab bis jetzt im ganzen 1 920 000 Wortzettel. Hierzu kommen nun in den beiden nächsten Jahren (bis Mitte 1906) noch die Hunderttausende von Wortzetteln, die sich aus der redaktionellen Bearbeitung der schon eingesandten und der noch einzuliefernden Originalbeiträge der 2573 in- und ausländischen Mitarbeiter ergeben werden. Zur Niederschrift dieser Beiträge waren den Mitarbeitern besondere handliche „Merkhefte“ zur Verfügung gestellt worden, von denen schon jetzt 317 gefüllt zurückgekommen sind.

Alle noch ausstehenden Beiträge werden bis Ostern dieses Jahres 1904 eingefordert. Die Mitarbeiter werden daher ergebenst gebeten, ihre Merkhefte oder sonstigen Beiträge — wofern mit der Redaktion nicht ausdrücklich eine spätere Frist vereinbart wurde — bis Ende März d. J. abzuschließen und an die unten angegebene Adresse einzusenden. Da die Drucklegung des Technolexikons Mitte 1906 beginnen soll, so können verspätete Beiträge nur bis zu diesem letzteren Zeitpunkte mitverwertet werden, d. h. ausnahmsweise.

Zu jeder weiteren Auskunft ist der leitende Redakteur gern bereit; Adresse: TECHNOLEXIKON, Dr. Hubert Jansen, Berlin NW. 7, Dorotheenstr. 49.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

II. Abhandlungen.

Die Verbundlokomotive in England.

Ein Beitrag zur Geschichte der Verbundlokomotive.

Von Dr. techn. **R. Sanzin**, Konstrukteur der k. k. technischen Hochschule in Graz.

(Fortsetzung.)

Vierzylindrige Verbundlokomotiven Bauart Webb.

Im Jahre 1895 waren auf der London and North-West R. bereits 96 dreizylindrige Verbundlokomotiven Bauart Webb vorhanden, welche auf allen Strecken und vor allen Zuggattungen in Anwendung kamen. Trotz der verschiedenen Nachteile dieser Bauart scheint man im allgemeinen mit derselben zufrieden gewesen zu sein, insbesondere sollen die geringen Instandhaltungskosten und die Wirtschaftlichkeit hierzu beigetragen haben. Dafs man die nicht unbedeutenden Schwierigkeiten beim Anfahren schwerer Züge ohne Bedenken hinnahm, erklärt die englische Betriebsweise mit wenigen Aufenthalten auf der Strecke und unbeschränkten Höchstgeschwindigkeiten, wodurch ein Einbringen der durch das Anfahren verlorenen Zeit möglich wird. Übrigens ist man in England durch die Lokomotiven mit einer freien Triebachse an Schwierigkeiten gewöhnt, welche beim Anfahren regelmäßig auftreten. Man läfst übrigens nicht nur auf der London and North-West R., sondern auch auf Eisenbahnen mit $^2/_4$ gekuppelten Zwillingslokomotiven vielfach aus Hauptstationen abgehenden Schnellzügen nachschieben, um sie rascher in Gang zu setzen. Mufsten aber die ungekuppelten Webbschen Verbundlokomotiven einen schweren Zug auf stärkerer Steigung von neuem anfahren, so waren Verspätungen unvermeidlich. Dies mag der Hauptgrund gewesen sein, dafs man sich schliefslich für die Kuppelung der Triebachsen doch wieder entschlofs. Da man aber gleichzeitig die Bauart mit drei Zylindern aufgab und vier Zylinder einführte, wurde die Bauart Webb vom Jahre 1882 ganz fallen gelassen. Warum nicht eine Verkupplung der Triebachsen nach Art der $^4/_4$gekuppelten Güterzuglokomotiven[1]) versucht wurde, ist nicht einzusehen, da die Vorteile der ungekuppelten Lokomotiven doch beschränkt sind. Hätte man ferner dem Niederdruck-

[1]) Siehe Seite 119.

zylinder eine entsprechende Anfahrvorrichtung gegeben, so wäre diese Bauart ohne Zweifel viel lebensfähiger geworden. Ein Umbau der vorhandenen Dreizylinderlokomotiven in diesem Sinn wäre sehr empfehlenswert.

Im Jahre 1897 waren einige englische Eisenbahnen beschäftigt, vierzylindrige Schnellzuglokomotiven zu entwerfen, welche mit zwei Triebachsen versehen, teils gekuppelt, teils ungekuppelt, bestimmt waren, einen kräftigeren Ersatz für $^3/_4$gekuppelte Zwillingslokomotiven zu bilden.

Die Entwürfe der London and South-West, der Caledonean und der Glasgow and South-West-Railway umfafsten Vierzylinderlokomotiven mit einfacher Dampfdehnung. Auch Webb erbaute 1897 eine derartige vierzylindrige Lokomotive mit vier gleich großen unter der Rauchkammer in einer Reihe liegenden Dampfzylindern. Diese Lokomotive „Iron Duke“ No. 1501 hatte als erste Lokomotive der London and North-West-R. ein führendes zweiachsiges Drehgestell. Bald nach Einführung dieser Lokomotive wurde eine zweite ganz ähnliche vierzylindrige Lokomotive mit Verbundwirkung in den Dienst gestellt. Die Bauart dieser Lokomotive ist von der durch 16 Jahre auf der London and North-West R. verfolgten durchaus abweichend. Statt 3 Zylinder sind 4 vorhanden, welche sämtlich an einer Achse arbeiten. Auch sind die solange verworfenen Kuppelstangen wieder angewandt. Die erste ausgeführte Lokomotive mit vier nebeneinander liegenden Zylindern, welche sämtlich eine Achse betrieben, wurde zwei Jahre vorher von Strong in Nordamerika ausgeführt. Webb führte abweichend von dieser Bauart die Hochdruckzylinder außerhalb der Rahmen. Die Kurbeln je zweier Maschinen einer Seite waren gegenläufig und die rechte und linke Maschinengruppe zueinander um 90° verstellt. Die Kuppelachse war in gewöhnlicher Weise durch Kuppelstangen angetrieben.

Die eigenartige Ausbildung der Steuerung gestattete es, beide Schieber einer Maschinenseite durch eine Joysche Steuerung zu bewegen.

Die Vorteile, welche die Anordnung von vier Triebwerken an einer Achse bietet, sind folgende:

1. Günstige Lage der Zylinder und Schieberkästen zu einander und zur Rauchkammer, daher gedrängte Anordnung, welche Wärmeverluste infolge Abkühlung vermindert.

2. Ausgleich der hin- und hergehenden Massen bis zu einem gewissen Grad innerhalb einer Achse, wodurch eine geringere Beanspruchung der Kuppelstangen und einiger anderer Teile eintritt. Ruhigerer Gang infolge dieses Ausgleiches.

3. Teilweiser Ausgleich der wagerechten Drücke in den Achslagern.

4. Gleichmäßigere Umfangskräfte.

5. Bei Anwendung einer entsprechenden Anfahrvorrichtung, leichteres Anfahren.

Die Vorteile, welche durch die Anordnung der Niederdruckzylinder innerhalb der Rahmen noch weiter auftreten, sind:

1. Günstiger Ausgleich der hin- und hergehenden Massen, da die größeren Massen am kleineren Hebelarm zur Wirkung kommen.

2. Da erfahrungsgemäß die Niederdruckzylinder bei höheren Geschwindigkeiten mehr leisten als die Hochdruckzylinder wirken die größeren Kräfte näher der

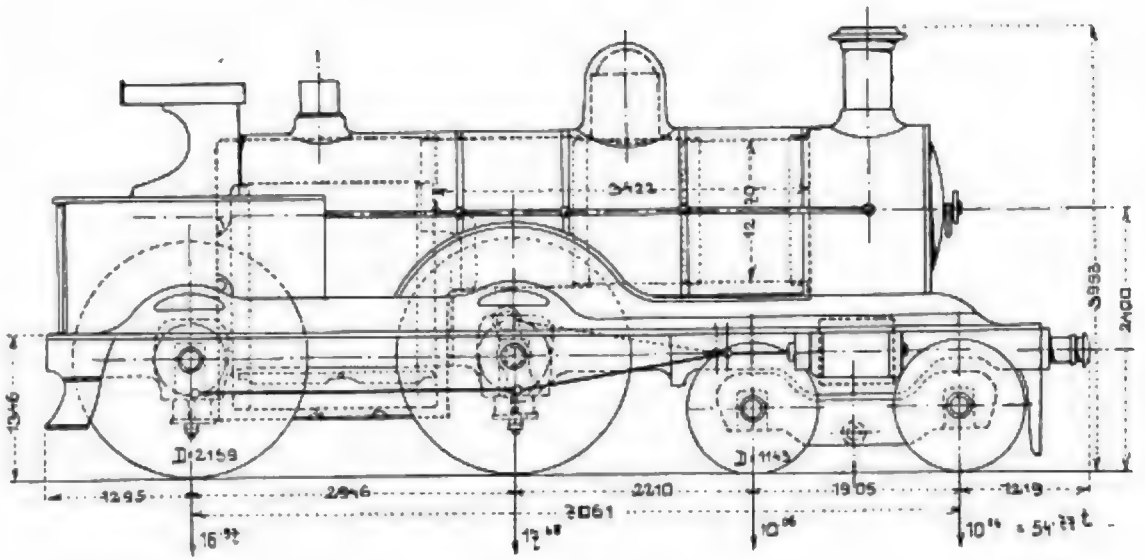


Fig. 7.

Fig. 8.

Digitized by Google

Maschinenmitte, wodurch ein Ausgleich der durch den Dampfdruck erzeugten Kräfte begünstigt und Beanspruchung und Gangart verbessert wird.

Ein Nachteil, welchen diese Zylinderanordnung mit sich bringt, ist der geringe Durchmesser, welchen die Niederdruckzylinder erhalten können, um noch innerhalb der Rahmen untergebracht zu werden und um noch eine entsprechende Länge der Achsbüchse in den Lagern zu sichern. Der größte noch zulässige Durchmesser dürfte kaum mehr als 550 mm betragen. Allerdings sichert derselbe bereits eine ansehnliche Leistung, welche vorläufig selbst für die hohen Achsdrücke und leistungsfähigen Kessel englischer Lokomotiven genügt. Außerdem ist man in der Lage durch Vergrößerung des Hubes der Niederdruckkolben gegenüber dem der Hochdruckzylinder das Verhältnis der Zylinderrauminhalte entsprechend zu vergrößern.

Die erste Vierzylinderverbundlokomotive „Black Prince“ No. 1502 hatte indessen nur ein Verhältnis der Zylinderrauminhalte von 1 : 1,∞. (Fig. 7 und 8.) Dasselbe mufste um so mehr auffallen, als Webb bei den dreizylindrigen Verbundlokomotiven sich nicht scheute bis 1 : 2,57 zu gehen, wo eine gleichmäßige Verteilung der Leistung notwendiger war als bei der Vierzylinderlokomotive. Auch der Dampfdruck war für das Jahr 1897 mit 12,82 kg/cm² wieder gewählt, denn die „Dreadnough“ hatte bereits 1885 einen gleich hohen Kesseldruck erhalten. Indessen wurden diese Verhältnisse bei den nächsten Neubauten verbessert.

Wie schon erwähnt, war die Anordnung der Steuerung eigenartig. Da die Kolben der Zylinder einer Maschinenseite gegenläufig waren, galt das Gleiche von den Schiebern. Es wurde daher eine Steuerung Bauart Joy für die Bewegung je zweier Schieber einer Lokomotivseite verwendet. Die Niederdruckzylinder besitzen Flachschieber mit Entlastung Bauart Richardson, die Hochdruckschieber sind Kolbenschieber mit äußerer Einströmung. Die Niederdruckschieber werden unmittelbar durch die Steuerung bewegt. Die Schieberstangen sind vorne durchgeführt und bewegen mit Hilfe zweier doppelarmiger Hebel die Schieberstangen der Hochdruckzylinder. Das Verhältnis der Hebelarme ist 302 : 254 mm, so dafs der Schieberhub des Hochdruckzylinders entsprechend kleiner ausfällt. Durch diese Anordnung ist die Bauart sehr einfach gestaltet.

Einer größten Füllung des Hochdruckzylinders von 67 % entspricht 75 % im Niederdruckzylinder. Ferner gehören an Füllungen 44 und 60 % zusammen.

Eine eigene Anfahrvorrichtung, welche die Niederdruckzylinder beim Anfahren mit Kesseldampf versehen würde, ist nicht vorhanden. Es müssen daher die Hochdruckkolben das Anfahren allein besorgen. Ihre Zugkraft ist

$$Z_a = \frac{0{,}95 \cdot d^2 \cdot p \cdot h}{D} = 6800 \text{ kg}.$$

Diese nützt bei Berücksichtigung der Maschinenreibung mit 0,1 Z_a das Reibungsgewicht eben aus. (174 kg/t.) Bedeutend kleiner kann diese Zugkraft nicht ausfallen, da bei einigem Gegendruck in den Aufnehmern auf die Mithilfe wenigstens eines Niederdruckzylinders gerechnet werden darf. Auf jeden Fall sind die Anfahrverhältnisse weit günstiger als bei den dreizylindrigen Verbundlokomotiven Bauart Webb.

Digitized by Google

Sowohl „Black Prince“ als auch „Iron Duke“ hatten eigentümliche Rauchkammern und Schlote. Die Rauchkammern waren wagrecht geteilt und saugte in jedem Raum das Blasrohr einer Maschinengruppe. Zwei getrennte Schlote waren mit einer gemeinsamen ovalen Verkleidung versehen. Bei den folgenden Lieferungen war diese Ausführung aber wieder aufgegeben. Die Feuerbüchse war nach unten geschlossen und wie die Seitenwände durch Stehbolzen abgesteift. Für Luftzufuhr und Reinigung waren am Boden und Vorderseite je eine Öffnung nach Webbscher Bauart ohne Ring angebracht. Die gekröpfte Achse ist aus einzelnen Teilen zusammengesetzt. Die Gegengewichte der beiden inneren Triebwerke sind mit den Kurbeln aus einem Stück geschmiedet. Die Gegengewichte der äußeren Maschinen bestehen aus Bleieingüssen, welche in eigenen um die Radnaben gelegten Trommeln angebracht sind. Ein besonderer Vorteil scheint damit nicht verbunden. Der Gewichtsaufwand ist wegen der kleineren wirksamen Halbmesser jedenfalls größer als bei der gebräuchlichen Anordnung. Das Drehgestell mit je einem seitlichen Spiel von 25 mm hat keinen Drehzapfen, sondern ein bogenförmig geführtes Gleitstück, ähnlich wie bei der einfachen Laufachse mit Achsbüchsen Bauart Webb. Dieses Drehgestell ist also insofern zwangläufig zu nennen, als eine seitliche Verrückung auch eine bestimmte Schrägstellung des Drehgestelles bewirkt. Die Triebachse ist auch in der Mitte mit einer Achsbüchse und Tragfedern versehen, welche auf einem eigenen Rahmen angebracht sind. Stahlguſs hat vielfach Verwendung gefunden.

Die Abmessungen der „Black Prince“ sind[1]):

Durchmesser des Hochdruckzylinders	381 mm
- - Niederdruckzylinders	495 -
Hub aller Kolben	610 -
Durchmesser der Triebräder	2159 -
Durchmesser der Laufräder	1143 -
Gesamter Radstand	7061 -
Radstand der Triebachsen	2946 -
- des Drehgestelles	1905 -
Anzahl der Feuerrohre	225
Durchmesser der Feuerrohre	41,5/47,6 mm
Länge der Feuerrohre	3420 -
Heizfläche der Feuerrohre	115,20 m^2
- der Büchse	14,77 -
Gesamte Heizfläche	130,00 -
Rostfläche	1,90 -
Dampfdruck	12,32 kg/cm^2
Gewicht am Drehgestell	20,12 t
Gewicht der Triebachse	17,08 t
- - Kuppelachse	16 97 t
Reibungsgewicht	34,05 t
Gesamtes Dienstgewicht	54,77 t

[1]) Engineering 1897. II. 603.

Digitized by Google

Der dreiachsige Tender mit Füllvorrichtung nach Ramsbottom faßt 9 m³ Wasser, 4,5 t Kohle und wiegt mit diesen Vorräten 27,12 t.

Bemerkenswert ist eine Fahrt, welche mit der Verbundlokomotive „Iron Duke“ am 8. Juni 1899 von London nach Crewe und zurück gemacht wurde. Der Zug führte die Mitglieder der „Institution of mechanical engineers“ zum Besuch der großen Eisenbahnwerkstätten der London and Northwestern R. nach Crewe. Der Zug bestand aus 14 ganz neuen, vierachsigen Drehgestellwagen und einem Dynamometerwagen. Die Hin- und Rückfahrt wurde ohne Aufenthalt ausgeführt, doch mußte auf der Fahrt nach Crewe die Geschwindigkeit dreimal bedeutend ermäßigt werden. Da auf der Rückfahrt auch die neuen Wagen bereits besser eingelaufen waren, ergaben sich die Verbrauchsziffern für dieselben bedeutend günstiger, obwohl die Fahrgeschwindigkeit höher war. Da die beiden Endpunkte beiläufig die gleiche Seehöhe besitzen und auf den Gefällen nicht gebremst wurde, ist es ohne Befürchtung besonderer Abweichungen möglich, eine mittlere Arbeitsleistung aus der mittleren Geschwindigkeit zu rechnen. Es wurde hierzu wieder die Formel der französischen Nordbahn, diesmal für Drehgestellwagen verwendet, welche lautet:

$$w = 1{,}06 + 0{,}458 \left(\frac{v + 10}{1000} \right) v.$$

Da die englischen Wagen neu waren und ein kleines Gewicht besitzen als jene der französischen Nordbahn ist die gerechnete Leistung eher zu klein als zu groß, was auch eine Untersuchung der Aufzeichnungen des Dynamometerwagens bestätigt. Wenn trotzdem sehr günstige Ziffern für den Wasser- und Kohlenverbrauch der Leistungseinheit auftreten, so ist dies ein Verdienst der Verbundwirkung, der gleichmäßigen Beanspruchung der Lokomotive über die ganze Strecke von bedeutender Länge und der ausgezeichneten Kohle, welche trotz der gesteigerten Verbrennung noch 7,8fache Verdampfung ergab. Einige Ziffern über diese Fahrt sind hier angeführt:

Gewicht der Wagen . . . . . 344,7 t
- - Lokomotive . . . 82,3 t
- des ganzen Zuges . . 427,0 t

	London–Crewe	Crewe–London
Entfernung	255,9 km	255,9 km
Fahrzeit	3 h 10′ 11″	3 h 5′ 8″
Mittlere Geschwindigkeit	80,5 km/Stunde	84,3 km/Stunde
Höchste -	114,8 -	104,6 -
Erreicht auf einem Gefälle von	5,64 ‰	3,03 ‰
Größte Steigung in der Fahrrichtung .	14.3 ‰	5,64 ‰
Gesamter Wasserverbrauch	24 648 kg	22 730 kg
- Kohlenverbrauch	3150 -	2870 -
Verdampftes Wasser für 1 kg Kohle . .	7,79 -	7,94 -
- - - 1 m² Heizfläche und Stunde	59,7 -	56,61 -
Verbrauchte Kohle für 1 m² Rostfläche und Stunde	524.3 -	491.1 -

Digitized by Google

	London—Crewe	Crewe–London
Kohlenverbrauch für 1 Zugkilometer . .	11,84 kg	11,22 kg
- - 100 Tonnenkilometer	3,44 -	3,25 -
Mittlerer Zugwiderstand für die gesamte Fahrt. Nach Widerstandsformeln der franz. Nord-Bahn)	2631 -	2857 -
Dazugehörige Leistung (indizierte PS.) .	779 PS	891 PS
Kohlenverbrauch für 1 indizierte PS. . .	1,274 kg	1,044 kg
Wasserverbrauch - 1 - - . .	9,96 -	8,27 -
Pferdestärken auf 1 m² Heizfläche . . .	5,09 PS	6,85 PS

Das Mittel für beide Fahrten gibt bei 835 indizierte PS 9,126 kg Wasser- und 1,189 kg Kohlenverbrauch für eine PS.

Bei der Überwindung einer allerdings kurzen Steigung gleich innerhalb der Euston-Station in London scheint die Lokomotive bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht worden zu sein. Die Steigung betrügt erst 14,5 ‰, später 12,0 ‰. Der Zugkraftmesser verzeichnete auf derselben 5334 kg am Tenderzughacken. Da allein 4929 kg die Schwerkraft erfordert, verbleibt nur 1,18 kg/t zur Überwindung des Eigenwiderstandes der Wagen. Diese Kraft genügt aber nicht und hätte mit diesem Kraftaufwand die Lokomotive die Rampe nicht überwinden können, wenn der Zug nicht schon vorher eine höhere Fahrgeschwindigkeit besessen hätte. Die Zugkraft am Radumfang der Lokomotive dürfte hierbei 7800 bis 8000 kg erreicht haben, eine höhere Zugkraft ist kaum möglich.

Bemerkenswert sind die verschiedenen Abmessungen der Dampfzylinder, welche im Laufe von 5 Jahren versucht wurden. Die erste vierzylindrige Verbundlokomotive „Black Prince“ hatte 381 beziehungsweise 495 mm Cylinderdurchmesser, welche ein Verhältnis der Rauminhalte wie 1 : 1,69 ergaben. Als man die Lokomotive „Iron Duke“ zur Verbundlokomotive umbaute, gab man den Niederdruckzylindern etwas größere Durchmesser, nämlich 521 mm, wahrscheinlich weil die Leistung dieser Zylinder hinter derjenigen der Hochdruckzylinder zurückblieb. Das Verhältnis der Rauminhalte wurde dadurch auf 1 : 1,86 verbessert. Mit solchen Zylindern waren auch die Lokomotiven „La France“ und „Diamond Jubilee“ ausgerüstet, von welchen die erstere 1900 in Paris ausgestellt war. Bis Ende 1899 waren 30 solcher Lokomotiven im Bau. Bei der nächsten Lieferung, bei welcher durch Verlängerung des Kessels eine Vergrößerung der gesamten Heizfläche auf 146,73 m² und eine Erhöhung des Dienstgewichtes auf 58,52 t eingetreten ist, glaubte man zur Verbesserung der Anfahrkraft den Hochdruckzylindern einen größeren Durchmesser geben zu müssen. Derselbe war 406 mm und verminderte das Verhältnis der Zylinderrauminhalte wieder auf 1 : 1,64. Von dieser Bauart wurden bisher 20 Stück ausgeführt; sie wird nach der ersten Lokomotive derselben „Alfred the Great“ genannt. Soeben wird aber bekannt, dafs die Hochdruckzylinder dieser Lokomotiven doch wieder auf 381 mm verkleinert werden sollen, so dafs das alte Verhältnis der Zylinderinhalte von 1 : 1,86 wieder erreicht ist. Auch der Dampfdruck soll von 14,06 kg/cm² wieder auf 12,66 kg/cm² erniedrigt werden. Diese Maßnahme hängt wahrscheinlich mit der geringen Dampfdehnung zusammen,

Digitized by Google

welche wegen des kleinen Zylinderraumverhältnisses den großen Kesseldruck nicht gehörig ausnützt. Bei einer Füllung von 30 % im Hochdruckcylinder ergibt sich nur eine rund 6,2 fache Gesamtdehnung. Neuere Lokomotiven am Kontinent ereichen bei gleicher Füllung 8 bis 9 fache Dehnung.

Die Leistung der Lokomotiven ist im übrigen ausgezeichnet. Auf der Strecke London-Crewe werden Züge von 260 bis 300 t mit Durchschnittsgeschwindigkeiten bis zu 86,8 km/Stunde ohne Aufenthalt befördert. Gelegentlich einer Fahrt mit der Lokomotive No. 1959 „Revenge" der „Alfred the Great" Klasse vor einen Zug von 16 Wagen im Gewicht von 274 t konnten folgende Geschwindigkeiten eingehalten werden:

Auf waagrechter Strecke		101,6 km/Stunde
Auf einer Steigerung von .	3,08 ‰	88,5 - -
- - - - .	5,64 ‰	75,6 - -

Die Geschwindigkeiten auf den beiden Steigungen können als Dauerleistungen bezeichnet werden.

Die Strecke Crewe-Carlisle, welche den dreizylindrigen Verbundlokomotiven so große Schwierigkeiten entgegensetzte, wird gegenwärtig von den Vierzylinderverbundlokomotiven regelmäßig befahren. Die größte Belastung in der Richtung Crewe-Carlisle ist mit 17 Wagen festgesetzt, welche beiläufig 270 t wiegen und auf der Steigung von 13,8 ‰ das Reibungsgewicht der Lokomotive voll beanspruchen. Sind die Zugbelastungen größer, so wird Vorspann genommen, wozu insbesondere die älteren dreizylindrigen Lokomotiven herangezogen werden. Auf den Talfahrten werden Geschwindigkeiten von 125 bis 130 km/Stunde fast täglich erreicht.

Zur Zeit sind bereits 60 vierzylindrige $^2/_4$ gekuppelte Verbundlokomotiven im Dienst und weitere stehen im Bau.

So ist es Webb endlich doch gelungen, eine durchaus brauchbare und betriebssichere Verbundbauart auszubilden, welche sowohl an Schnell- wie auch an Güterzuglokomotiven mit Vorteil zur Anwendung gekommen ist. Nach vierundzwanzigjährigen Versuchen mit Verbundlokomotiven auf der London and North Western R. hat man sich auch von deren wirtschaftlichen Vorteil überzeugt und baut gegenwärtig nur einige Klassen von Tenderlokomotiven noch als Zwillingsmaschinen, während die $^2/_4$ gekuppelte Schnellzuglokomotive und die $^4/_4$ gekuppelte Güterzuglokomotive mit vier Dampfzylindern als „Normallokomotiven" der Gegenwart und nächsten Zukunft auf der North-Western R. anzusehen sind. Gegenwärtig ist auch noch eine vierzylindrige $^3/_8$ gekuppelte Verbundlokomotive im Bau, welche insbesondere zum Betrieb auf der Strecke Crewe-Carlisle bestimmt ist und Züge von mehr als 270 t über Steigungen von 13,3 ‰ befördern soll.[1])

F. W. Webb hat seine durch 32 Jahre innegehabte Stelle als erster Maschinen-Ingenieur der London and North-Western R. 1903 niedergelegt. Mit zäher Ausdauer hat er entgegen einem hartnäckigen Vorurteil die Verbundwirkung an Lokomotiven

[1]) Diese inzwischen fertig gestellte Lokomotive hat ein zweiachsiges führendes Drehgestell, Bauart Webb. Das gesamte Dienstgewicht beträgt 60,96 t, das Reibungsgewicht 44,71 t. Das Verhältnis der Zylinderrauminhalte ist bloß 1 : 1,87, der Kesseldruck 14,08 kg/cm². Da der Durchmesser der Triebräder nur 1524 mm beträgt, ist sie für geringere Geschwindigkeiten bestimmt.

Digitized by Google

erst mit wenig Erfolg, zuletzt aber glücklich ausgebildet. Durch 24 Jahre schuf Webb 15 verschiedene Typen von Verbundlokomotiven, welche drei von einander abweichenden Bauarten angehören. Seine letzten, vollkommensten Formen sind zwar

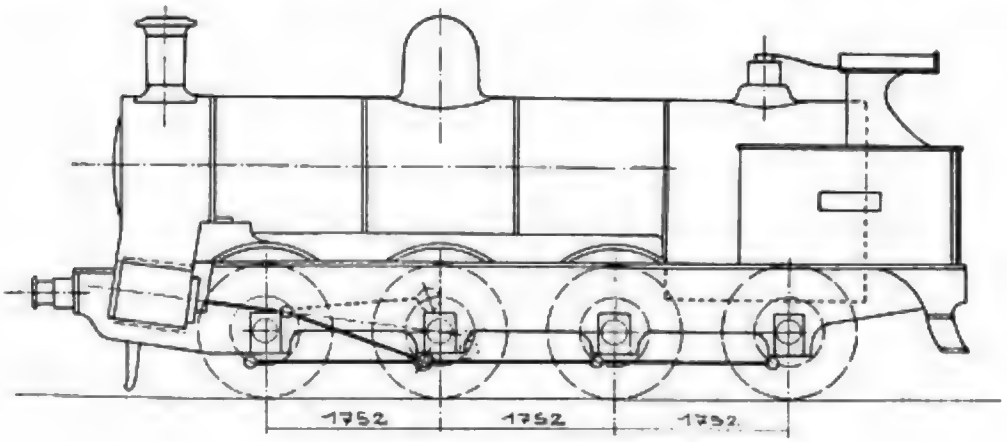


Fig. 9.

Fig. 10.

in Bezug auf Dampfverteilung und Wirtschaftlichkeit den besten Verbundlokomotiven des Festlandes nicht ebenbürtig, wenn jedoch die eigenartige Ausbildung des englischen Lokomotivbaues und die einseitigen Anforderungen des englischen Zugförderdienstes in Betracht gezogen werden, so verdienen dieselben größte Anerkennung.

Webb hat als technischer Vorstand eines riesigen Eisenbahnnetzes (9000 km Betriebslänge) auch eine große Anzahl anderer bemerkenswerter Erfindungen und Ver-

besserungen im Lokomotivbau eingeführt, welche auf den 4000 unter ihm in Crewe ausgeführten Lokomotiven zur Anwendung kamen. Besonders hervorzuheben sind seine ein- und zweiachsigen Drehgestelle mit bogenförmigen Führungen, die Ausbildung der Feuertüröffnung an Lokomotivkesseln ohne Ring, der doppelsitzige Regler usw. Weitgehende Verbesserungen hat Webb beim Herstellen von Rädern, Achsen und Maschinenteilen aus Stahlguſs eingeführt.

Verbund-Güterzuglokomotiven, Bauart Webb.

Es erübrigt noch die im Jahre 1893 an einer $^1/_4$ gekuppelten Güterzuglokomotive ausgeführte Bauart zu besprechen. (Fig. 9 und 10.) Neu ist an derselben die Verkuppelung sämtlicher Achsen und der Antrieb einer Achse durch die drei Maschinen. Auch hier liegen die beiden Hochdruckzylinder außerhalb, der Niederdruckzylinder innerhalb der Rahmen. Sämtliche Zylinder liegen jedoch in einer Reihe unter der Rauchkammer. Die Kurbeln der beiden Hochdruckzylinder sind unter 90° verstellt, die Kurbeln des Niederdruckzylinders halbiert den Winkel von 270°, so daſs die Kurbelwinkel der Reihe nach 90°, 135°, 135° betragen.

Sowohl in Bezug auf Dampfverteilung als auch auf Gleichförmigkeit der Umfangskräfte scheint diese Anordnung glücklicher als alle bis dahin von Webb versuchten dreizylindrigen Bauarten. Am Aufnehmer ist ein vom Führer zu handhabendes Ventil angebracht, welches den Hochdruckzylindern eigenen Ausgriff ins Blasrohr erlaubt. Diese Anordnung wurde bereits bei den Personenzuglokomotiven erwähnt. Ebenso war die Niederdrucksteuerung für eine bestimmte Füllung mit Hilfe eines losen Exzenters ausgeführt, wie zuerst bei der Schnellzuglokomotive „Jeanie Deans“ gebaut. Der Niederdruckzylinder blieb sonach beim Anfahren untätig. Wegen der kleinen Zylinder stellt sich die Anzugkraft auf nur:

$$Z_a = \frac{0{,}95 \cdot d^2 \cdot p \cdot h}{D} = 7602 \text{ kg}.$$

Mit Bezug der Maschinenreibung beträgt dieselbe am Radumfang 6462 kg, während das Reibungsgewicht von 50,$_{00}$ t wenigstens eine Anzugkraft von 7500 kg fordern würde. Es wäre diese leicht möglich zu erzielen, wenn der Niederdruckzylinder mit einer Anfahrvorrichtung versehen, beim Anfahren mitarbeiten könnte. Das Verhältnis der Zylinderinhalte beträgt nur 1 : 2,$_{00}$. Man konnte es nicht günstiger wählen, da die Hochdruckzylinder wegen des Anfahrens nicht kleiner, der Niederdruckzylinder aus konstruktiven Rücksichten nicht größer gemacht werden konnte. Dagegen wäre es wünschenswert gewesen, die Hochdruckzylinder zu vergrößern, denn die gleichwertigen Zwillingslokomotiven besaßen Zylinder von 495 mm Durchmesser. Letztere waren daher im Anfahren den Verbundlokomotiven weit überlegen.

An der Lokomotive ist noch bemerkenswert, daſs die erste und letzte Achse ein seitliches Spiel von 12,$_7$ mm jederseits besitzt. Die 1556 mm lange Rauchkammer enthält einen vom Führerstand aus verstellbaren Schirm gegen Funkenflug. Eine Dampfbremse wirkt auf sämtliche Lokomotiv- und Tenderräder. Die Hauptabmessungen dieser Lokomotivbauart sind.

Digitized by Google

Durchmesser des Hochdruckzylinders	328 mm
- - Niederdruckzylinders	764 -
Hub aller Kolben	610 -
Triebraddurchmesser	1270 -
Gesamter Radstand	5257 -
Heizfläche der Feuerrohre	128,16 m²
- - Feuerbüchse	10,14 -
Gesamte Heizfläche	138,30 -
Rostfläche	1,904 -
Anzahl der Feuerrohre	210
Durchmesser der Feuerrohre	47,6 mm
Länge - -	4064 -
Kesseldruck	12,25 kg/cm²
Gewicht der 1. Achse	12.70 t
- - 2. -	14,68 t
- - 3. -	12,86 t
- - 4. -	10,15 t
Gesamtes Dienstgewicht	50,08 t

Der 3achsige Tender wiegt im Dienst 27,02 t. Von den Abmessungen der Steuerungen sind hervorzuheben:

	Hochdruckzylinder	Niederdruckzylinder
Breite des Einströmkanales	41,3 mm	82,6 mm
- - Ausströmkanales	127,0 -	146,1 -
Länge der Kanäle	279,4 -	508,0 -
Äußere Überdeckung	23,8 -	25,4 -
Innere -	± 0 -	± 0 -
Voreilung	4.8 -	12,7 -
Schieberhub	101,6 -	139,7 -

Die Querschnitte der Kanäle müssen als reichlich bezeichnet werden, besonders jene des Niederdruckzylinders, welche für rund 75 % Füllung immer ganz geöffnet werden. Auch die Querschnitte der Rohre sind groß bemessen.

Durchmesser der Einströmrohre	95 mm
- - Aufnehmerrohre	127 -
- des Blasrohres	120 -

Mit diesen Lokomotiven wurde eine Anzahl größerer Proben unternommen. Die eigenartigste war entschieden eine Vergleichsprobe Seite an Seite mit einer Nichtverbundlokomotive gleicher Stärke zwischen Crewe und Stafford und zurück, welche hauptsächlich ausgeführt wurde, um den Gegnern der Verbundwirkung die Überlegenheit der Verbundlokomotive bei ganz gleichen Verhältnissen zu erweisen. Beide Züge waren aus 52 beladenen Kohlenwagen, 3 Bremswagen und da nur ein Dynamometerwagen vorhanden war, ein Zug auch mit diesem versehen, während der andere einen weiteren Kohlenwagen erhielt. Das Gewicht der beiden Züge ohne Lokomotiven und

Digitized by Google

Tendern betrug 701,9 und 706,8 t. Auf der Rückfahrt wechselten die Lokomotiven die Züge, um auch den Einfluſs vom Gewicht unabhängiger Zugwiderstände auszugleichen. Die Fahrt wurde mit Benutzung der Doppelgeleise tatsächlich Seite an Seite ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Probefahrt sind hier wiedergegeben:

Mittlere Fahrgeschwindigkeit auf beiden Fahrten . . 28,55 km/Stunde
Größte - - - - . . 56,74 -

	Verbundlokomotive No. 50	Zwillingslokomotive No. 2424
Gewicht der Lokomotive und Tender mit mittleren Vorräten	77,15 t	76,81 t
Mittleres Gewicht des Zuges	704,86 t	
Verbrannte Kohle für Anheizen und Dampfhalten	470 kg	470 kg
Während der Fahrt verbrauchte Kohle .	2025 -	2642 -
Gesamte verbrauchte Kohle	2495 -	3112 -
kg Wasser verdampft für 1 kg Kohle, mit Rücksicht auf Anheizen und Dampfhalten	7,47	7,94
kg Wasser verdampft für 1 kg Kohle, auf der Fahrt	9,21	9,36
Gesamter Wasserverbrauch	18 680 kg	24 760 kg
Kohlenverbrauch für 1 Zugkilometer, einschließlich der Kohle für Anheizen und Dampfhalten	31,86 -	39,74 -
Kohlenverbrauch für 1 Zugkilometer, ausschließlich der Kohle für Anheizen und Dampfhalten	25,87 -	33,74 -
Kohlenverbrauch für 100 tkm, einschließlich der Kohle für Anheizen und Dampfhalten	4,52 -	5,64 -
Kohlenverbrauch für 100 tkm, ausschließlich der Kohle für Anheizen und Dampfhalten	3,67 -	4,70 -
kg Kohle verbrannte auf 1 m² Rostfläche und Stunde während der Fahrt . .	386 -	504 -
kg Dampf entwickelt auf 1 m² Heizfläche und Stunde	49,1 -	65,1 -

Trotz durchaus gleicher Arbeitsleistung war also der Minderverbrauch der Verbundlokomotive

an Wasser . . . . 24,5 % und
- Kohle . . . . . 23,4 %

Wird die verbrauchte Brennstoffmenge berücksichtigt, welche für Anheizen und Dampfhalten verbraucht wurde, so stellen sich die Ersparnisse natürlich für eine so kurze

Digitized by Google

Fahrt ungünstiger. Webb wollte diesen Einfluſs durch die vorliegende Probe auch feststellen. Über die Probeergebnisse ist nur noch bekannt geworden, daſs die Verbundlokomotive im Maximum 656 PS, die Zwillingslokomotive 608 PS auf den Kolben entwickelte. Über die Arbeitsverteilung und die angewendeten Füllungsgrade an der Verbundlokomotive ist leider nichts mitgeteilt worden.

Ein anderer Versuch, welcher ebenfalls mit Hilfe eines Dynamometer-Wagens vorgenommen wurde, fand in der Strecke Crewe—Carlisle statt. Da in dieser Linie auch die 8,8 km lange Shap-Bank mit einer gleichmäßigen Steigung von 13,33 ‰ liegt, kann auf die Leistungsfähigkeit der Lokomotive leichter geschlossen werden. Der Zug bestand aus 25 sechsräderigen Personenwagen und einem Dynamometer-Wagen; das Gesamtgewicht derselben war 284,1 t. Die Lokomotive hatte ein mittleres Dienstgewicht von 72,0 t. Die 227 km lange Strecke wurde in 4 Stunden 52 Minuten zurückgelegt. Rechnet man 11 Aufenthalte ab, so ergibt sich eine Fahrzeit von 4 Stunden 20,5 Minuten, was einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 52,35 km entspricht. Die größte Geschwindigkeit wurde auf einem Gefälle von 5,0 ‰ erreicht, sie betrug 77 km/Stunde. Die wichtigeren Ziffern über Wasser- und Kohlenverbrauch sind hier angegeben:

Kohlenverbrauch während der Fahrt	3 528 kg
Wasserverbrauch - - -	27 423 -
1 kg Kohle verdampfte kg Wasser	7,76 kg
Verbrauch an Kohle für ein Zugkilometer	15,54 -
- - - - 100 km t	4,36 -
Auf 1 m² Rostfläche während der Fahrt verbrannte Kohle	426 kg/Stunde
Auf 1 m² Heizfläche verdampftes Wasser	45,6 -

Die Aufzeichnungen des Dynamometers ergaben beim Anfahren eine größte Zugkraft von 10,9 t. Wie weiter oben dargelegt, vermögen die beiden Hochdruckzylinder allein am Radumfang nur eine Zugkraft von 6462 kg auszuüben. Dieser große beobachtete Wert dürfte bereits der Mithilfe des Niederdruckzylinders zu danken sein, was nach einigen Radumdrehungen möglich ist. Während der Fahrt zeigte das Dynamometer 3 bis 5 t Zugkraft am Tenderzughacken. Die Lokomotive wurde 15 mal indiziert und würde der Vergleich zwischen der Leistung an den Kolben und am Tenderzughacken wichtige Aufschlüsse gegeben haben, wenn nicht die Zeitpunkte zur Aufnahme der Schaulinien so unpassend gewählt worden wären, daſs infolge rascher Geschwindigkeitsänderungen die Ergebnisse durch die Massenwirkung zu sehr beeinfluſst sind. Nur auf der Shap-Bank wurde längere Zeit mit gleichförmiger Geschwindigkeit gefahren und sind die Werte dreier Druckschaulinien hier mitgeteilt:

Fahrgeschwindigkeit	30,8	30,0	30,6 km/Std.
Pferdestärken	704,0	710,8	701,0
Zugkraft am Radumfang	6298	6287	6185 kg
Vom Dynamometer angezeigte Zugkraft	4444	4444	4318 -
Gesamte Verluste in der Lokomotive jedoch ohne den Widerstand der Steigung	894	863	907 -
Lokomotivwiderstand hiernach	12,43	12,00	12,60 kg/t

Digitized by Google

Der Lokomotivwiderstand umfafst die Verluste durch die Maschinenreibung und die Widerstände von Lokomotive und Tender als Fahrzeug. Nimmt man den ersteren Verlust niedrig genug mit 0,1 der gesamten Kolbenleistung entsprechenden Zugkraft an, so erübrigt für den Laufwiderstand von Lokomotive und Tender

3,67, 3,28 und 4,00 kg/t.

Diese verhältnismäßig niederen Werte dürften dem schweren, steifen Oberbau zuzuschreiben sein. Der Widerstand der Wagen stellt sich übrigens nur auf

2,31, 2,31 und 1,86 kg/t.

Ein weiterer Versuch wurde auf der Strecke Edgeley-Heaton-Lodge unternommen, welcher ergab, dafs die Lokomotive noch einen Zug mit 45 beladenen Kohlenwagen, einen Brems- und den Dynamometerwagen im Gewicht von 452,9 t über eine Steigung von 8,33 ‰ mit 35,4 km/Stunde befördern kann. Die Leistung auf den Kolben war hierbei 750 Pferdestärken. Aus den Ergebnissen dieser beiden Probefahrten, welche im Journal „The Engineer“ 1897 veröffentlicht sind, wurde folgende Zusammenstellung der Lokomotivleistungen versucht.

Fahrgeschwindigkeit km/Stunde	Leistung PS.	Leistung in PS für 1 m² Heizfläche
30	730	5,28
40	780	5,64
50	810	5,84

Für eine $^1/_4$ gekuppelte Lokomotive von nur 50,08 t Dienstgewicht sind die Leistungen sehr bemerkenswert. Durch Einführung dieser Lokomotivbauart wurde der bis dahin vielfach notwendige Vorspann- und Schiebedienst vermieden. Dieselbe wird hauptsächlich für den starken Kohlenverkehr in der Richtung Crewe—Carlisle, Manchester, Warrington und Liverpool verwendet.

Seit 1899 wird dieselbe Lokomotivbauart mit vier Verbundzylindern gebaut und hat in dieser Form so günstige Erfolge aufzuweisen, dafs die dreizylindrige Form nicht mehr ausgeführt wird. Dampfzylinder und Steuerung dieser Lokomotiven ist ebenso wie bei den vierzylindrigen Schnellzuglokomotiven ausgeführt. Der Kesseldruck beträgt 12,32 kg/cm². Gegenwärtig sind mehr als 100 $^1/_4$ gekuppelte Verbundlokomotiven mit 3 und 4 Dampfzylindern im Betrieb.

Andere Verbundlokomotiven.

Eine vierzylindrige Verbundlokomotive, über welche jedoch wenig veröffentlicht worden ist, wurde 1886 auf der Nort-Britisch R. in Betrieb gesetzt. Sie hatte die Zylinder in Tandemanordnung innerhalb der Rahmen unter der Rauchkammer gelagert. Die Steuerung war Bauart Joy und wurden beide Schieber einer Lokomotivseite durch eine Schieberstange betrieben. Es sind nur folgende Abmessungen bekannt geworden:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	330 mm.
- - Niederdruckzylinders	508 -
Hub der Kolben	610 -
Durchmesser der Triebräder	2007 -

Digitized by Google

Das Verhältnis der Zylinderinhalte mit 1 : 2,30 war für diese Bauart nicht ungünstig gewählt. Die Lokomotive war eine $^2/_4$ gekuppelte Schnellzuglokomotive mit führendem Drehgestell. Sie war längere Zeit auf der Strecke Edinburgh-Glasgow tätig und soll sich gut bewährt haben. Weiteres ist über diese Lokomotive nicht bekannt geworden.

Um die gleiche Zeit versuchte auch die Great-Western R. zwei ganz ähnliche $^2/_3$ gekuppelte Verbundlokomotiven,[1]) jedoch mit so geringem Erfolg, dafs dieselbe als Verbundlokomotive überhaupt im regelmäßigen Betrieb nicht erschienen, sondern nach kurzer Zeit in eine Zwillingslokomotive umgewandelt wurden.

Es ist bemerkenswert, festzustellen, dafs um diese Zeit in Deutschland bereits das Wesen der Verbundlokomotive so weit bekannt war, dafs mifslungene Formen nicht mehr vorkamen. Schon 1884 baute v. Borries sein vollständiges Anfahrventil, welches noch heute an Lokomotiven in Verwendung steht. Erst viel später gelangte man in Nordamerika, Frankreich und Österreich zu ähnlich vollkommenen Vorrichtungen.

Verbundlokomotiven, Bauart Worsdell, auf der Great-Eastern R.

Am 8. Mai 1885 wurde das Patent No. 999 dem damaligen ersten Maschinen-Ingenieur der Great-Eastern R., Thomas W. Worsdell, für eine Anfahrvorrichtung an Verbundlokomotiven erteilt.[2]) Sie besteht der Hauptsache nach aus einer Klappe, welche den Niederdruckschieberkasten gegen den Aufnehmer hin abzuschließen vermag und welche sich selbsttätig öffnet, sobald der Druck im Aufnehmer größer ist als im Niederdruckschieberkasten. Ein vom Führerstand aus handhabbares Ventil läfst gedrosselten Kesseldampf aus dem Haupteinströmrohr in den Niederdruckschieberkasten. Die Mündung dieser Hilfsdampfleitung liegt knapp hinter der vorerwähnten Klappe. Zwischen Klappe und Ventil ist insofern eine Abhängigkeit geschaffen, als bei offener Klappe ein kleiner Kolben das Eintreten von Kesseldampf in den Niederdruckschieberkasten verhindert. Sobald also der Hochdruckzylinder genügend Dampf in den Aufnehmer liefert, um mit Verbundwirkung zu fahren, schaltet sich die Anfahrvorrichtung selbständig aus. Der Zusammenhang zwischen Klappe und Dampfventil bildet Gegenstand des Zusatzpatentes No. 4661 vom 29. März 1887. Diese Anfahrvorrichtung ist nach der Einteilung von E. Brückmann (Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. Lokomotiven. Seite 257.) II. Art. Als Vorteile können die große Einfachheit, die selbsttätige Wirkung, welche einen Mifsbrauch des Führers vorbeugt, und der geringe Widerstand, welchen die offene Klappe dem Aufnehmerdampf bei hohen Fahrgeschwindigkeiten bietet, angeführt werden. Als Nachteile können die Schwierigkeiten bezeichnet werden, welche sämtliche Verbundslokomotiven mit Anfahrvorrichtungen zweiter Art aufweisen, welche darin bestehen, dafs in gewissen Kurbelstellungen die erste Anzugkraft besonders klein ausfällt. Man hätte daher von vornherein besonders große Füllungen und wo tunlich, verhältnismäßig große Dampfzylinder anzuwenden.

---

[1]) The Lokomotive-Magazin, Jahrg. 1903. Seite 337 und 406.

[2]) Siehe Engineering 1887, I. Seite 505.

Die Bestrebungen Thomas W. Wonsdell's gingen dahin, soweit als möglich die Formen und Eigenheiten der englischen Lokomotiven bei der Anwendung der Verbundwirkung beizubehalten. Dadurch allein gewann Worsdell für seine Bauart Freunde, denn mehr als irgend in einem Lande werde den Verfechtern der Verbundwirkung an Lokomotiven in England das Vordringen schwer gemacht. Die fachliche und nicht fachliche Presse leugnete mit wenigen Ausnahmen anfangs die Vorteile der Verbundwirkung ganz und gar. Am ärgsten war der Kampf in den Jahren 1885 bis 1890 und waren in erster Linie die Verbundlokomotiven, Bauart Webb, Gegenstand lebhafter Auseinandersetzungen, die übrigens bewiesen, dafs nur wenige englische Fachleute über das Wesen der Verbunddampfmaschine vollkommen unterrichtet waren. Zumeist waren die Bedenken nur gegen die von der Zwillingslokomotive abweichenden, bis dahin ungesehenen

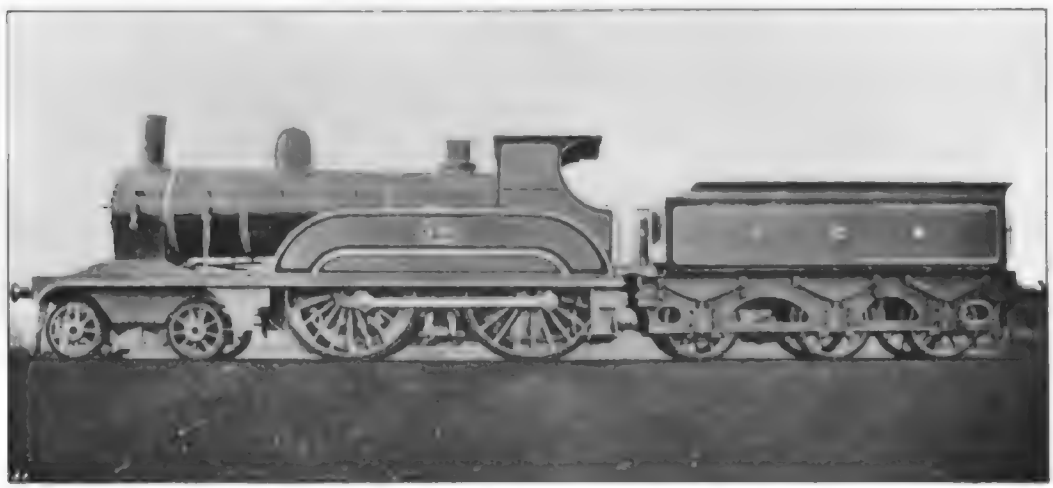


Fig. 11.

und unerprobten Formen gerichtet, während mit wissenschaftlich begründeten Einwänden sich nur wenige an die Öffentlichkeit wagten. Das gleiche, allerdings lange nicht in diesem Grade, fand ja auch in Deutschland und Österreich statt. In England nahm der Kampf jedoch so große Formen an, weil sich eine große Anzahl gebildeter Nichtfachleute, welche im Eisenbahnwesen, insbesondere aber im Lokomotivbau unterrichtet sind, an Diskussionen in Fachblättern und Vereinen lebhaften Anteil nehmen. Der Einfluſs der öffentlichen Meinung wird aber von den englischen Eisenbahnen nicht unterschäzt, umsomehr fast keine Eisenbahnverwaltung ohne Wettbewerb dasteht.

Thomas W. Worsdell scheute sich nicht, gleich als erste Lokomotive seiner Bauart eine $^2/_4$gekuppelte Schnellzuglokomotive für die Great Erstern R. auszuführen. (Fig. 11.) Sie wurde Anfang des Jahres 1885 in den Dienst gestellt. Die Lokomotive wich äußerlich in keiner Weise von den gewöhnlichen englischen Schnellzuglokomotiven ab. Die beiden Zylinder lagen innerhalb der Rahmen unter der Rauchkammer. Der Niederdruckzylinder lag rechts, um das Anfahrventil leichter vom Führerstand aus zu

Digitized by Google

handhaben. Die Schieberkasten lagen oberhalb der Zylinder und waren von der Rauchkammer aus zugänglich. Beide Schieber waren als Flachschieber gebaut und von gleichen Joy-Steuerungen angetrieben. Der Aufnehmer lag in Form eines gebogenen Rohres in der Rauchkammer, er trug an seiner rechten Seite nahe am Niederdruckschieberkasten das Anfahrventil mit der selbsttätigen Klappe. Die Lokomotive hatte ein sehr hübsches Aussehen und zweckmäßige Abmessungen. Die wichtigsten derselben sind hier wiedergegeben:

Hochdruckzylinder-Durchmesser	457 mm
Niederdruckzylinder- -	660 -
Hub beider Kolben	610 -
Durchmesser der Triebräder	2134 -
- - Laufräder	940 -
Gesamter Radstand	6820 -
Radstand der Triebachsen	2591 -
Radstand des Drehgestells	1905 -
Anzahl der Feuerrohre	201 -
Durchmesser der Feuerrohre	44,5 mm
Länge der Feuerrohre	3588 -
Gesamte Heizfläche	111,48 m²
Heizfläche der Rohre	100,50 -
Rostfläche	1,61 -
Dampfdruck	11,25 kg/cm²
Gesamtes Dienstgewicht	45,21 t
Gewicht am Drehgestell	15,01 -
- auf der Triebachse	15,06 -
- - - Kuppelachse	15,14 -
Reibungsgewicht	30,20 -

Das Verhältnis der Zylinderrauminhalte war somit 1 : 2,05. Das Verhältnis vom Inhalt des Hochdruckzylinders zum Verbinderinhalt war beiläufig 1 : 1, also für das Anfahren nicht gerade günstig, da ein so geringer Verbinderinhalt ein rasches Anwachsen des Gegendruckes am Hochdruckkolben begünstigt. Die Hauptabmessungen der beiden Steuerungen, welche für beide Zylinder gleiche Füllungen ergaben, waren folgende:

	Hochdruckzylinder	Niederdruckzylinder
Breite der Einströmungskanales	44,5 mm	50,8 mm
- - Ausströmungskanales	88,9 -	88,9 -
Länge der Kanäle	289,1 -	355,6 -
Äußere Überdeckung	28,6 -	28,6 -
Innere -	± 0 -	± 0 -
Größter Schieberhub	127,0 -	127,0 -
Lineare Voreilung	4,8 -	4,8 -
Größte Füllung	75,0 %	75,0 %

Digitized by Google

Durchmesser des Dampfeinströmrohres . . .	114	mm
- - Aufnehmerrohres	152	-
- - Ausströmrohres	156	-
- - Blasrohres	146	-

Zunächst fällt auf, dafs trotz einem Verhältnis der Zylinderinhalte von fast 1 : 2 die Füllungen in beiden Zylindern gleich sind. Insbesonders bei höherer Geschwindigkeit bei welchen kleine Füllungen zur Anwendung kommen, dürfte der Niederdruckzylinder mit seiner Leistung hinter den Hochdruckzylinder zurückbleiben und infolge starker Kompression Schlingen in den Druckschaulinien des letzteren Zylinders unvermeidlich sein. Auch die Kanalquerschnitte und Eröffnungen sind etwas zu gering bemessen, so dafs bei höheren Geschwindigkeiten ein starker Druckabfall in beiden Zylindern zu befürchten ist. Sonst aber ist die ganze Anlage der Lokomotive wohl durchdacht und zweckmäßig zu nennen, was umsomehr hervorzuheben ist, als es die erste von Wordell gebaute Verbundlokomotive ist. Sie war übrigens auf der Great-Eastern R. auch die erste Schnellzuglokomotive mit Drehgestell. Die Ergebnisse mit der Verbundwirkung waren so günstig, dafs weitere 11 Lokomotiven der gleichen Bauart bestellt wurden. Im Vergleich mit den älteren $^3/_2$gekuppelten Lokomotiven, welche den gleichen Dienst zu verrichten hatten, ergaben sie im Mittel trotz höherer Belastung 14 % Ersparnis an Kohle und 8 % Ersparnis an Wasser. Der Vergleich ist nicht ganz stichhaltig, da die älteren Lokomotiven 9,$_{45}$ kg/cm^2, die neuen Verbundlokomotiven jedoch 11,$_{20}$ kg/cm^2 Kesseldruck besaßen. Das größere Gewicht der letzteren Lokomotiven sprach jedoch zu deren Ungunsten. Nachdem die Führer die nötige Geschicklichkeit erworben hatten, gab das Anfahren nicht die geringsten Schwierigkeiten. Vom ersten Maschinen-Ingenieur der Great-Eastern R. wurde in einer Versammlung von Fachleuten hervorgehoben, dafs eine außerhalb der Liverpool-street Station in London liegende rund 800 m lange Steigung von 14,$_8$ ‰, in deren Mitte ein häufig auf Halt stehendes Signal aufgestellt ist, gewöhnlich den Zügen beim Wiederanfahren große Schwierigkeiten bereitet. Die Verbundlokomotiven zeigten sich in solchen Fällen jedoch den Zwillingslokomotiven überlegen und beweisen die vollkommene Wirkung der Anfahrvorrichtung. Die mittlere Anzugkraft für eine Umdrehung der Triebräder stellt sich unter Einwirkung der Anfahrvorrichtung nach „Eisenbahntechnik der Gegenwart“ S. 255 auf

$$Z_a = \frac{0{,}_{80} \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = 5697 \text{ kg}.$$

Bei Berücksichtigung der Maschinenreibung (mit 0,$_1$ Z_a) bleiben noch 4843 kg am Radumfang zu übertragen. Das Reibungsgewicht ist also mit rund 160 kg/t ausgenützt. Ein sicheres Anfahren ist daher unter allen Verhältnissen zu erwarten.

Diese Lokomotiven wurden zum Schnellzugdienst auf den Strecken London-Harwitch, London-Norwitch und Yarmouth verwendet. Die Züge wurden damals mit durchschnittlichen Geschwindigkeiten von 72 bis 75 km/Stunde befördert. Die Zugbelastung auf der Strecke London-Harwitch betrug 170 — 190 t. Die Strecke weist eine große Anzahl kurzer Steigungen und Gefälle von 2 – 5 ‰ auf. Es ist auch eine längere Steigung von 12,$_0$ ‰ vorhanden.

Kurze Zeit nach Indienststellung dieser Lokomotiven verließ Thomas W. Worsdell die Great-Eastern R. und trat als erster Maschineningenieur bei der North-Eastern Railway ein. Der Nachfolger Worsdells auf der Great-Eastern R. war kein Anhänger der Verbundwirkung an Lokomotiven und außer den angeführten 12 Schnellzuglokomotiven und einer $^3/_3$ gekuppelten Güterzuglokomotive (Fig. 12) mit gleichen Dampfzylindern und Triebrädern von 1473 cm Durchmesser wurde auf der Great-Eastern R.

Fig. 12.

weitere Verbundlokomotiven nicht ausgeführt. Die Verbundlokomotiven verblieben noch durch Jahre im Dienst und scheinen entsprochen zu haben, da über Mängel an denselben nichts bekannt wurde. Im Jahre 1894 wurden jedoch sämtliche gelegentlich einer großen Reparatur in Zwillingslokomotiven mit größeren Kesseln umgebaut.

Während lange Zeit nur die von Worsdell gebauten $^2/_4$ gekuppelten Schnellzuglokomotiven die einzigen dieser Art auf der Great-Eastern R. waren und der Schnellzugdienst meist nur von $^2/_3$ gekuppelten und ungekuppelten Drehgestelllokomotiven besorgt wurde, ist man gegenwärtig wieder zur $^2/_4$ gekuppelten Bauart zurückgekehrt und war die erste derselben „Claud Hamilton“ auf der Weltausstellung 1900 in Paris ausgestellt[1]).

[1]) Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins. Jahrg. 1901, S. 921.

Digitized by Google

Verbundlokomotiven Bauart Worsdell auf der North-Eastern R.

Als Thomas W. Worsdell 1890 als erster Maschineningenieur der North-Eastern R. den Dienst übernahm, setzte er ungehindert seine Arbeiten zur weiteren Ausbildung der Verbundlokomotive fort. Er entwarf zunächst eine $^2/_3$ gekuppelte Personenzuglokomotive, welche im allgemeinen die Hauptabmessungen der $^2/_4$ gekuppelten Lokomotiven der Great-Eastern R. besaß. Die Überdeckungen der Schieber waren bereits an Hoch- und Niederdruckzylinder verschieden gewählt, so dafs der letztere 8 bis 10 % größere Füllungen erhielt, als der Hochdruckzylinder. Die größere Füllung war bis auf 80 % gebracht worden, um das Anfahren zu erleichtern. Zur Vermeidung zu großer Kompressionen hatte der Hochdruckschieber eine negative innere Deckung erhalten. Die äußeren Deckungen, Bauart Joy, waren gleicher Ausführung und war daher auch bei beiden Steuerungen die gleiche Voreilung vorhanden. Die Kanäle der Niederdruckzylinder waren um 76 mm länger als bei der ersten Verbundlokomotive der Great-Eastern R. Die Hauptabmessungen der $^2/_3$ gekuppelten Verbundlokomotive No. 1324, der ersten Verbundlokomotive der North-Eastern R., welche in Newcastle in der Ausstellung vom Jahre 1887 zu sehen war, sind folgende:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	457 mm
- - Niederdruckzylinders	660 -
Hub beider Kolben	610 -
Durchmesser der Triebräder	2038 -
- - Laufräder	1403 -
Gesamter Radstand	5004 -
Radstand der Triebräder	2642 -
Gesamte Heizfläche	122,91 m²
Heizfläche der Rohre	112,58 -
- - Büchse	10,33 -
Rostfläche	1,502 -
Kesseldruck	11,07 kg/cm²
Gewicht im Dienst	44,00 t
- auf der Triebachse	18,24 -
- - - Kuppelachse	12,65 -
Reibungsgewicht	30,89 -

(Diese Lokomotive war eine der ersten in England mit einem geräumigen auch an den Seiten mit Fenstern versehenen Führerhaus. Bekanntlich finden sich noch heute in England neuere Lokomotiven mit wenig geschützten Führerständen.)

Der zur Lokomotive gehörige Tender wiegt mit vollen Vorräten rund 33 t, er faist 12 m³ Wasser und 4 t Kohle. Die Steuerungen sind Bauart Joy, einige der wichtigsten Abmessungen sind folgende:

Digitized by Google

	Hochdruckzylinder	Niederdruckzylinder
Breite des Einströmungskanales .	44,5 mm	50,8 mm
- - Anströmungskanales . .	88,9 -	88,9 -
Länge der Kanäle	298,4 -	431,8 -
Äußere Überdeckung	28,6 -	23,8 -
Innere Überdeckung	$\pm$ 0,0 -	— 3,2 -
Lineare Voreilung (konstant) . .	4,8 -	4,8 -
Schieberhub	133,4 -	133,4 -

Durchmesser des Einströmrohres . . . 101,6 mm
- - Aufnehmerrohres . . 152,4 -

In der Zeitschrift „Engineering" Jahrgang 1887. I. S. 565 sind sechs Dampfdruckschaulinien dieser Lokomotive dargestellt. In der folgenden Zusammenstellung sind die wichtigsten Ziffern derselben angegeben:

Schaubild No.	Fahrgeschwindigkeit km/Stunde	Füllung des Hochdruckzylinders %	Kesseldruck kg/cm²	Leistung Hochdruckzylinder PS	Leistung Niederdruckzylinder PS	Leistung Gesamt PS	Verhältnis der Leistungen
1	16,1	75	10,56	102,8	114,8	217,1	1 : 1,122
2	32,2	50	9,85	140,8	142,9	283,7	1 : 1,014
3	48,3	50	11,26	160,0	169,7	336,3	1 : 1,061
4	64,4	50	10,56	195,0	199,4	394,4	1 : 1,022
5	88,5	75	11,97	395,3	368,3	763,6	1 : 0,931
6	104,6	65	11,97	345,0	336,6	681,6	1 : 0,976

Wie zu erkennen, ist die Arbeitsverteilung eine sehr günstige und weicht die Leistung eines Zylinders von der angestrebten Mittelleistung im Maximum nur um 6,1 % ab. Infolge bedeutenden Druckabfalles im Aufnehmer fällt bei hohen Fahrgeschwindigkeiten die Leistung im Niederdruckzylinder kleiner als im Hochdruckzylinder aus. Überraschen müssen die grofsen Füllungen in Fall 5 und 6, wo trotz der großen Fahrgeschwindigkeiten keine übertriebenen Leistungen sich zeigen. Grund hierfür scheint der große Druckabfall im Aufnehmer zu sein, welcher auch die Leistung des Niederdruckzylinders verringert. Infolge des großen Druckverlustes bei der Einströmung im Hochdruckzylinder und den bedeutenden Kompressionen wird man bei höheren Geschwindigkeiten gezwungen die Füllungen zu vergrößern um die entsprechenden Leistungen zu erzielen. Der Druckverlust während der Einströmung beträgt in Fall 5 3,0 kg/cm², in Fall 6 sogar 5,9 kg/cm². Jedenfalls würde sich eine Verbreiterung der Dampfkanäle am Hochdruckzylinder und eine weitere Verringerung der inneren Überdeckung desselben Steuerung empfohlen haben, wenn die Lokomotive für schnelle Züge in Verwendung kommen sollte.

In den folgenden Jahren wurden $^3/_4$gekuppelte Schnellzuglokomotiven mit den gleichen Dampfzylindern wie bei den eben beschriebenen in größerer Anzahl ausgeführt. Die Triebräder hatten einen Durchmesser von 2038 mm. Die Steuerung war

Digitized by Google

nach Joy. Vorleitung und Überdeckungen beider Schieber wurden häufig geändert, um die günstigsten Abmessungen derselben festzustellen. Die Leistungen der Lokomotiven waren sehr befriedigend. Die fortwährend geführten Aufzeichnungen über

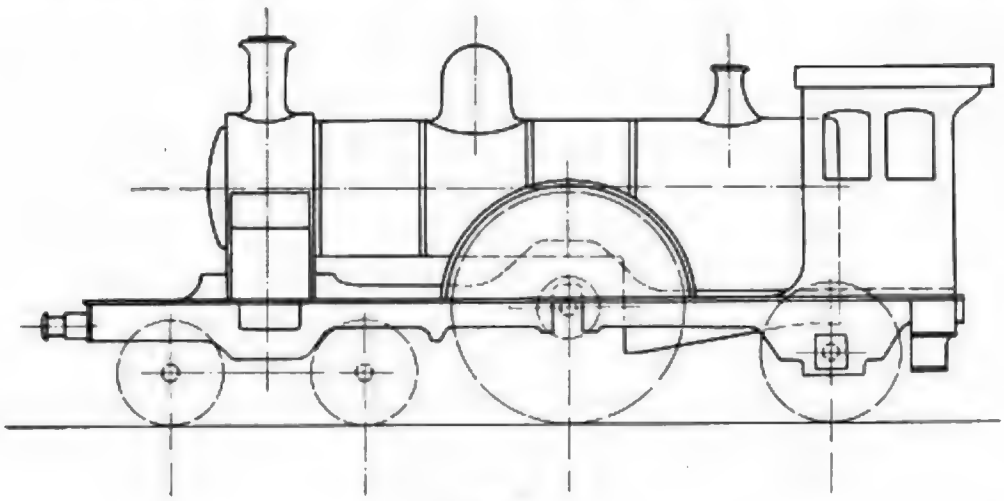


Fig. 13.

Fig. 14.

den Kohlenverbrauch ergaben je nach den Verhältnissen 7 bis 26 % Ersparnisse zu Gunsten der Verbundwirkung. Im Mittel stellten sie sich auf 13 %. Bei großen Zugbelastungen und hohen Geschwindigkeiten fielen die Ersparnisse größer aus. Auch zeigte sich die Überlegenheit der Verbundlokomotive in der Leistung namentlich bei

Digitized by Google

hohen Geschwindigkeiten. Man führte daher in den nächsten Jahren insbesondere Schnellzuglokomotiven mit Verbundwirkung aus.

Ein Teil dieser Lokomotiven nahm bereits an den berühmten Wettfahrten London—Aberdeen des Jahres 1888 teil. Die 200,4 km lange Strecke Newcastle-Edinburgh wurde zuerst in 152′ zurückgelegt, was einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 79,1 km/Stunde entspricht. Die Fahrzeit wurde dann täglich kürzer, bis sie Ende August nur noch 125′ betrug, was einer mittleren Geschwindigkeit von 96,2 km/Stunde gleichkommt. Das Mittel für sämtliche Fahrten des Monats August war 84,8 km/Std. Die Zugbelastung betrug im Mittel 100 t. Mit Rücksicht auf die bedeutenden Steigungen dieser Strecke muß dieses Ergebnis als glänzend bezeichnet werden. Auf der weniger schwierigen Strecke York-Newcastle wurden Zwillingslokomotiven verwendet.

Bemerkenswert ist, dafs auf der London and North-Western R. die Verbundlokomotiven bei den Wettfahrten des Jahres 1888 nicht teilnahmen.

Bereits 1888 hatte Wordell zwei $^1/_4$gekuppelte Schnellzuglokomotiven mit Verbundwirkung gebaut. Dieselben erhielten genau die gleichen Zylinder- und Steuerungsabmessungen wie die zweifach gekuppelten Verbundschnellzuglokomotiven. Die Triebräder hatten 2184 mm Durchmesser. Die Ergebnisse mit diesen Lokomotiven waren so günstig, dafs im nächsten Jahr weitere 3 Lokomotiven derselben Bauart zur Ausführung kamen. Da jedoch die Schnellzüge an Gewicht immer zunahmen und auch auf eine Beschleunigung der Züge Augenmerk gelegt wurde, entwarf Worsdell eine neue stärkere Bauart $^1/_4$gekuppelter Lokomotiven, von welchen die erste Ende 1889 in den Dienst gestellt wurde.

Diese Bauart ist wegen ihrer bedeutenden Leistung auf verhältnismäßig ungünstigen Strecken bemerkenswert geworden. Die Triebräder von 2324 cm Durchmesser erlauben große Geschwindigkeiten einzuhalten. Das beträchtliche Reibungsgewicht von 18,05 t ermöglicht die Überwindung einiger nicht unbedeutender Steigungen gerade noch und vermeidet die Anwendung schwerer und weniger wirtschaftlicher, gekuppelter Lokomotiven. Die große Leistung und das kleine Gewicht der ungekuppelten Lokomotive hat sie bis heute auf englischen Eisenbahnen erhalten und wenn auch überall zweifach und sogar einzeln schon dreifach gekuppelte Schnellzuglokomotiven in Verwendung stehen, spielt doch die ungekuppelte Lokomotive gerade für die schnellsten Züge eine wichtige Rolle. Die Hauptabmessungen der verstärkten $^1/_4$gekuppelten Verbundschnellzuglokomotiven (Fig. 13 und 14) Bauart Worsdell sind hier zusammengestellt:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	508 mm
- - Niederdruckzylinders	711 -
Hub beider Kolben	610 -
Durchmesser der Triebräder	2324 -
- - Drehgestellräder	1098 -
- - hinteren Laufräder	1403 -
Gesamter Radstand	6685 -
Radstand des Drehgestells	1981 -
Fester Radstand	2642 -

Digitized by Google

Anzahl der Feuerrohre	203
Durchmesser der Feuerrohre	44,5 mm
Länge der Feuerrohre	3635 -
Heizfläche der Feuerrohre	94,39 m²
- - Büchse	11,42 -
Gesamte Heizfläche	105,81 -
Rostfläche	1,92 -
Kesseldruck	12,32 kg/cm²
Gewicht auf dem Drehgestell	16,18 t
- - der Triebachse	18,03 -
- - der rückwärtigen Laufachse	13,21 -
Gewicht im Dienst	47,42 -

Der dreiachsige Tender faßt 17,9 m³ Wasser, 4 t Kohle. Er wiegt leer 19,61 t, im Dienst 40,69 t und gehörte zur Zeit seiner Erbauung zu den größten Tendern in England.

Das Verhältnis der Zylinderinhalte ist 1 : 1 · 96. Um die großen Zylinder innerhalb der Rahmen unterzubringen sind die beiden Zylinderachsen gegen einander geneigt angebracht. Die Neigung der Achsen gegen die Wagerechte beträgt 1 : 40. Die Schieberkasten sind außerhalb der Rahmen angebracht, um eine freiere Ausbildung zu ermöglichen. Die Schieberspiegel liegen lotrecht. Die Steuerung ist Bauart Joy. Die Anordnung der Anfahrvorrichtung bietet gegenüber der älteren Ausführung nichts neues. Der Hub des Niederdruckschiebers ist größer als des Hochdruckschiebers, so daß trotz gleicher äußerer Überdeckung der Niederdruckzylinder bedeutend größere Füllungen erhält. Die zusammengehörigen Füllungsgrade sind:

Hochdruckzylinder	Niederdruckzylinder
40 %	64 %
50 -	68 -
60 -	75 -
70 -	83 -

Die wichtigsten Abmessungen der Steuerungen sind hier angeführt:

	Hochdruckzylinder	Niederdruckzylinder
Breite der Einströmungskanäle	44,4 mm	50,8 mm
- - Ausströmungskanäle	88,9 -	88,9 -
Länge der Kanäle	431,0 -	508,0 -
Äußere Überdeckung	28,6 -	28,6 -
Innere Überdeckung	— 3,2 -	— 3,2 -
Voreilung	4,7 -	4,7 -
Größter Schieberhub	111,2 -	146,0 -

Die innere Überdeckung und die Voreilung wurde später an beiden Zylindern geändert und betrug die innere Überdeckung am Hochdruckzylinder — 4,7 mm, am Niederdruckzylinder — 6,3 mm, die Voreilung 6,3 mm beziehungsweise 3,2 mm. Die Dampfrohre hatten folgende Durchmesser

Digitized by Google

Einströmungsrohr . . . 127 mm
Aufnehmerrohr . . . . 229 -
Ausströmrohr . . . . . 171 -

Diese Querschnitte sind günstiger als bei den älteren Verbundlokomotiven mit 457 und 660 mm Zylinderdurchmesser. Die schädlichen Räume des Hochdruckzylinders betrugen 8,6 %, des Niederdruckzylinders 5,3 %.

Im Jänner 1890 wurde mit der ersten Lokomotive dieser Bauart No. 1517 Versuche angestellt. Züge von 150—200 t konnten auf den durchaus nicht günstigen Strecken Newcastle-Edinburgh und Newcastle-Berwik viel rascher als bis dahin befördert werden. So konnte ein Zug mit 32 leeren Wagen im Gewicht von 186 t die 108 km lange Strecke Newcastle-Berwik mit einer mittleren Geschwindigkeit von 83,2 km/Stunde zurücklegen. Auf dieser Strecke kommen längere Steigungen von 3 bis 5 ‰ vor, es ist sogar eine rund 6 km lange Steigung von 5,9 ‰ vorhanden. Mit derselben Lokomotive wurde auch die bis dahin in England kaum erreichte Geschwindigkeit von 145 km/Stunde mehrfach durch längere Zeit eingehalten. Worsdell versah seine Verbundlokomotiven mit Luftsaugventilen an den Zylindern, welche mit den Zischhähnen vereinigt waren. Dadurch wurde der Widerstand der Luftpumparbeit beim Leerlauf der Verbundlokomotiven so vermindert, dafs der schlechte Ruf, den dieselben beim Ausnützen kleinerer Gefälle infolge schweren Ganges erworben hatten, rasch wieder gut gemacht wurde.

In der Zeitschrift „The Engineer" Jahrgang 1890 ist eine Anzahl Dampfdruckschaulinien wiedergegeben, welche auf einer der genannten Probefahrten aufgenommen wurden. Die Fahrt wurde zwischen Newcastle und Berwik unternommen und betrug die Belastung 234 t. Die wichtigsten Zahlen der Schaulinien sind in folgender Tafel zusammengestellt. Der Völligkeitsgrad sämtlicher Schaulinien ist sehr gut und sind trotz großer Geschwindigkeiten und kleiner Füllungen sehr große Leistungen erreicht worden. Die Druckabfälle sind gering und ist gegenüber den Ergebnissen der vorhergegangenen Verbundlokomotiven mit kleineren Zylindern ein bedeutender Erfolg aufzuweisen.

Schaubild No.	Fahrgeschwindigkeit km/Stunde	Füllung in Hoch- und Niederdruckzylinder %	Kesseldruck kg/cm²	Leistung Hochdruckzylinder PS	Leistung Niederdruckzylinder PS	Leistung Gesamt- PS	Verhältnis der Leistungen
1	8 05	63/78	12,82	76,0	71,8	147,8	1 : 0,945
2	27,36	63/78	11,97	227,1	217,0	444,1	1 : 0 955
3	37,01	50/68	12,32	236,2	268,7	504,9	1 : 1,137
4	48,28	50 68	12,32	295,6	342,8	638 4	1 : 1,159
5	80 16	38/62,5	12,67	325,5	344,5	670,0	1 : 1,058
6	120,70	47/67	12,32	554,3	501,6	1055,9	1 : 0,905
7	138,80	53/70	11,97	558,3	525,2	1083,5	1 : 0,940

Nach „Eisenbahntechnik der Gegenwart" stellt sich die Anzugkraft im Mittel für eine Umdrehung bei Wirkung der Anfahrvorrichtung auf

$$Z_a = \frac{0{,}86 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = 7180 \text{ kg}.$$

Digitized by Google

Nimmt man ein maschinellen Wirkungsgrad von 0,85 an, so hätten die Triebräder noch immer 6103 kg zu übertragen. Das sind 338 kg Zugkraft für eine Tonne Reibungsgewicht. Dieser Wert läfst sich selbst durch die besten Sandstreuvorrichtungen nicht erreichen. Wie die Schaulinie 1 ergibt, welche bei geringer Geschwindigkeit aufgenommen wurde, stellt sich selbst bei einer Hochdruckzylinderfüllung von 63 % die Zugkraft auf 4618 kg. Unter Berücksichtigung der Maschinenreibung hätten die Triebräder noch immer 3925 kg zu übertragen. In diesem Fall mufsten die Dampfsandstreuvorrichtungen einen Wert von $f = 0{,}218$ oder 218 kg/t hervorbringen. Dies ist aber nicht nur beim Anfahren, sondern auch bei der Befahrung der längeren Steigungen notwendig. Die Lokomotiven erfordern daher eine sehr aufmerksame Bedienung. Schaulinien 6 und 7 geben bei ungewöhnlich hohen Fahrgeschwindigkeiten mehr als 1000 PS. Für den kleinen Kessel scheint die bedeutende Leistung schwer möglich. Die großen Geschwindigkeiten sind jedenfalls am Fufse steilerer Gefälle erlangt worden und die zugehörigen Leistungen nicht als Dauerleistungen anzusehen.

Immerhin zeigt Schaubild 7 trotz einer Geschwindigkeit von 138,4 km/Stunde, 6,42 m/Sekunde Kolbengeschwindigkeit und 5,26 Umdrehungen in der Sekunde noch eine überraschende Völligkeit und geringe Druckverluste. Dafs mit dieser einfachen gegenwärtig 14 Jahre alten Bauart solche Geschwindigkeiten so günstig erreicht wurden, verdient hervorgehoben zu werden, als man zur Zeit in Deutschland bestrebt ist, für den Schnellbetrieb ganz eigenartige, neue Formen von Dampflokomotiven auszubilden[1]).

Bei Geschwindigkeiten von 90—110 km/Stunde dürfte die mittlere Leistung 800—900 PS betragen.

Gleichzeitig mit der ersten Personenzuglokomotive stellte Worsdell auch eine $^3/_4$ gekuppelte Güterzuglokomotive mit Verbundwirkung seiner Bauart in den Dienst. Dieselbe war den übrigen Güterzuglokomotiven der North-Eastern R. nachgebildet und hatte gleiche Zylinder und Steuerungsabmessungen wie die bereits beschriebenen ersten Personenzuglokomotiven mit Verbundwirkung. Die Triebräder hatten einen Durchmesser von 1556 mm. An der Lokomotive ist der große feste Radstand (5029 mm) und die nach englischer Bauart unterstützte Feuerbüchse auffallend. Die Lokomotiven sind für raschen Güterzugdienst bestimmt und sollen höhere Geschwindigkeiten erreichen können. Die Hauptabmessungen dieser Lokomotivbauart, von welcher bis 1890 bereits 48 Stück ausgeführt worden waren sind folgende:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	457 mm
- - Niederdruckzylinders	660 -
Hub beider Kolben	610 -
Triebraddurchmesser	1556 -
Gesamter Radstand	5029 -
Anzahl der Feuerrohre	203
Durchmesser der Feuerrohre	44,5 mm
Länge der Feuerrohre	3635 -

[1]) Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1903. Aprilhefte.

Digitized by Google

Heizfläche der Feuerrohre	95,31 m²
Gesamte Heizfläche	105,53 -
Rostfläche	1,60 -
Kesseldruck	11,20 kg/cm²
Gewicht auf der 1. Achse	14,38 t
- - - 2. -	15,75 -
- - - 3. -	12,84 -
Gesamtes Dienstgewicht	42,47 -

Die Abmessung der Steuerung können der Tabelle der Lokomotive No. 1324 entnommen werden. Die 48 $^3/_3$gekuppelten Verbundgüterzuglokomotiven ergaben gegenüber ganz gleich gebauten Zwillingslokomotiven einen Minderverbrauch von 17 % Kohle. Die mittlere Zugbelastung war hierbei 300 t. In der Zeitschrift „Engineering" 1887. I. S. 324 sind 6 Dampfdruckschaulinien dieser Lokomotive dargestellt. Die wichtigsten Ziffern derselben sind in folgender Tafel angegeben:

Schaubild No.	Fahrgeschwindigkeit km/Stunde	Füllung im Hochdruckzylinder %	Kesseldruck kg/cm²	Leistung PS: Hochdruckzylinder	Leistung PS: Niederdruckzylinder	Leistung PS: Gesamt-	Verhältnis der Leistungen
1	8,0	80	11,61	83,6	85,4	169,0	1 : 1,022
2	24,1	75	11,20	194,8	208,1	407,9	1 : 1,068
3	27,4	70	11,20	202,1	216,0	418,1	1 : 1,069
4	27,4	65	11,61	192,3	200,3	392,6	1 : 1,041
5	33,8	60	10,87	188,7	185,8	374,5	1 : 0,985
6	53,1	55	11,20	163,0	153,0	316,0	1 : 0,938

Die Arbeitsverteilung ist wieder sehr günstig. Der Völligkeitsgrad ist ebenfalls ganz befriedigend und scheinen die Steuerungsabmessungen glücklich gewählt, denn mit Ausnahme der letzten Schaulinie zeigen sich sowohl der Druckabfall im Aufnehmer wie auch beide Kompressionen mäßig. Schaulinie 6 ist bei zu kleiner Füllung und verhältnismäßig zu großer Fahrgeschwindigkeit aufgenommen. Die Schieberöffnungen und Querschnitte der Kanäle genügen nicht mehr und die großen Dampfgeschwindigkeiten erzeugen bedeutende Druckabfälle. Auch die Kompression im Hochdruckzylinder ist bereits so hoch, dafs die Schaulinie 2,8 kg/cm² höher ansteigt als der Kesseldruck. Trotz der großen Füllung ist die Leistung nur 316 PS. Die beschriebene Lokomotive müfste aber bei Geschwindigkeiten von 50—55 km/Stunde leicht 500—600 PS leisten können. Um dieselben unter den angeführten Steuerungsverhältnissen entwickeln zu können, dürfte es vorteilhaft sein mit Füllungen von 60 bis 70 % und gedrosseltem Regler zu fahren. Anderenfalls könnte nur durch Vergrößerung der schädlichen Räume des Hochdruckzylinders, Verbreiterung der Kanäle und Anwendung einer größeren negativen inneren Überdeckung im Hochdruckschieber Abhilfe getroffen werden. Letzteres hat später auch tatsächlich Anwendung gefunden und wurden die genannten Übelstände fast ganz behoben. Die anfängliche Zugkraft unter Wirkung der Anfahrvorrichtung ist für eine Umdrehung im Mittel

$$Z_a = \frac{0{,}80 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = 7831 \text{ kg}.$$

Digitized by Google

Schaulinie 1 ist bei größter Füllung und kleiner Geschwindigkeit aufgenommen und sollte obigem Wert entsprechen. Die zur Schaulinie gehörige Zugkraft beträgt 7241 kg. Sie ist geringer, weil bereits reine Verbundwirkung geherrscht haben dürfte. Mit Rücksicht auf den etwas höheren Kesseldruck bei dem Versuch (11,61 gegen 11,20 kg/cm²) stellt sich der Völligkeitsgrad statt auf 0,86 nur auf 0,76. Auch der geringe Verbinderinhalt trägt Schuld an diesem ungünstigeren Wert. Die mit diesen Verbundlokomotiven gleichwertigen Zwillingslokomotiven haben gleichen Kesseldruck doch Zylinder von 432 mm Durchmesser. Ihre Anzugkraft stellt sich im Mittel für eine Triebachsumdrehung auf

$$Z_a = \frac{0{,}85 \cdot d^2 \cdot p \cdot h}{D} = 7825 \text{ kg}.$$

Also fast genau so groß als bei den Verbundlokomotiven. Die kleinste Anzugkraft dürfte sich wegen des geringen Verbinderinhalts allerdings etwas geringer stellen als bei der Zwillingslokomotive. Das Verhältnis einer Kolbenfläche der Zwillingslokomotive zur Hochdruckkolbenfläche der Verbundlokomotive ist wie 1 : 1,121. Es scheint somit ein Verhältnis eingehalten, welches mit den von Brückmann in „Eisenbahntechnik der Gegenwart“ empfohlenen Werten gut übereinstimmt.

Gleiche Zylinder und gleiche Triebräder wandte Worsdell auch bei schweren $^3/_4$gekuppelten Tenderlokomotiven an, welche hauptsächlich für den Kohlenverkehr auf der Strecke Newcastle-Durham bestimmt waren. Die hinter der Feuerbüchse gelagerte Laufachse hatte Achsbüchsen Bauart Webb. Die Steuerung war gleich wie bei den ersten $^2/_3$ und $^3/_3$gekuppelten Verbundlokomotiven. Die innere Überdeckung des Hochdruckschiebers wurde später bei allen Lokomotiven auf −3,2 mm gebracht, um die zu großen Kompressionen im Hochdruckzylinder zu vermeiden. Bis zum Jahre 1890 waren 42 $^3/_4$gekuppelte Verbundlokomotiven fertiggestellt. Folgende sind die Hauptabmessungen dieser Lokomotiven:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	457 mm
- - Niederdruckzylinders	660 -
Hub beider Kolben	610 -
Triebraddurchmesser	1556 -
Laufraddurchmesser	1149 -
Fester Radstand	4929 -
Gesamter Radstand	6910 -
Anzahl der Feuerrohre	203 -
Länge - -	3635 -
Durchmesser der Feuerrohre	44,5 mm
Heizfläche der Feuerrohre	95,32 m²
- - Feuerbüchse	10,20 -
Gesamte Heizfläche	105,52 -
Rostfläche	1,58 -
Kesseldruck	11,25 kg/cm²
Reibungsgewicht	46,12 t
Gesamtes Dienstgewicht	54,87 -

Diese sechs Bauarten führte Thomas Worsdell auf der North-Eastern R. während seines kurzen Wirkens als erster Maschineningenieur dieser Bahn ein. Schon 1892 legte er seine Stelle nieder. Der Nachfolger war sein jüngerer Bruder Wilson Worsdell.

Es ist zu bedauern, daſs Wilson Worsdell sich gerade um diese Zeit vom Schauplatze seiner Tätigkeit zurückzog und den so glücklich begonnenen Bau von Verbundlokomotiven unterbrach. Sein Nachfolger gab nach einigen schüchternen Versuchen den Bau von Verbundlokomotiven überhaupt auf und beeilte sich die bestehenden baldmöglichst in Zwillingslokomotiven umzubauen.

Wilson Worsdell hatte sich 1885 mit dem bekannten deutschen Vorkämpfer für die Verbundwirkung an Lokomotiven von Borries[1]) und dem Zivilingenieur R. H. Lapage in London vereint um ihre Erfindungen zu verwerten. 1885—1895 wurden für Südamerika und Indien eine größere Anzahl Verbundlokomotiven Bauart Worsdell in englischen Lokomotivfabriken hergestellt.

---

[1]) Gegenwärtig Geh. Regierungsrat und Professor der königl. Technischen Hochschule in Charlottenburg.

(Schluſs folgt.)

Digitized by Google

Die Elektrochemie hoher Temperaturen.

Von **Ernst A. Schott**, Hütteningenieur,
Berlin.

Die Elektrochemie hoher Temperaturen hat im Laufe der letzten Jahre, besonders durch die Einführung der Karbidfabrikation, andererseits aber durch die Entwickelung der Elektrometallurgie wesentliche Fortschritte gemacht und ist es interessant, darüber eine ziemlich umfassende Zusammenstellung der Anwendung der Elektrizität auf diesem Gebiete für technische und Versuchszwecke zu finden, wie sie Hutton und Petavel der Manchester Section of the Institution of Electrical Engineers in einem Paper vorlegten, worüber u. a. Engineering unterm 19. Dez. 1902, S. 834 u. f. berichtet.

Die wesentlichsten Fortschritte auf dem Gebiete der Anwendung der hohen Temperaturen, wie sie durch den elektrischen Strom erzeugt werden können, sind in den letzten 10 Jahren gemacht worden und hat die Erfindung des Calciumkarbids nicht unwesentliche Einflüsse auf die ganze Entwickelung der Bautechnik für elektrische Öfen ausgeübt. Es wurden dadurch Neuanlagen für große Stromlieferungen, wie z. B. am Nigarafall, hervorgerufen, und die Ingenieure Hand in Hand mit den Chemikern waren hohen Anforderungen gegenübergestellt, die selten zuvor von so einschneidender Bedeutung in die Erscheinung traten. Zuerst fand Cowles*) nicht genügende Anlagen für seinen Bedarf an elektrischem Strom, doch bald wurde diese Anforderung erfüllt und eine statistische Zusammenstellung Swans**) gibt darüber Aufschluſs, es ist jedoch zu beachten, daſs England in dieser Branche hinter anderen Staaten zurücksteht, weil ihm die zur billigen Stromerzeugung nötigen Wasserkräfte fehlen. In den meisten Fällen macht überhaupt die Stromerzeugung nur einen geringen Prozentsatz der Gestehungskosten aus, trotzdem ist zu beachten, daſs die Wasserkraft und die Fabriksanlage nicht zu weit von dem Orte der Rohmaterialgewinnung entfernt sei, damit nicht durch Frachtkosten etc. die Gestehungskosten für das Endprodukt unnötig erhöht werden.***) Andererseits wird durch die Fortschritte auf dem Gebiete des Dampfmaschinen- und Kraftgasmotorenbaues für große Krafterzeugung der Preis für diese Art Stromerzeugung wesentlich heruntergedrückt,†) sodaſs dieselbe mit ungünstig gelegenen Wasserkraftanlagen erfolgreich in Wettbewerb zu treten imstande sein wird. Ein großer Teil der Produkte dieser Industrie wird von der Eisen- und Stahlindustrie verbraucht, es könnte daher leicht von diesen die Herstellung von Legierungen seltener Metalle und dergl. selbst übernommen werden.††)

Für die Ausrüstung von Laboratorien für Versuche mit elektrischen Öfen ist es von Interesse, die Versuche in möglichst großem Maßstabe auszuführen, dementsprechend mufs auch die Möglichkeit einer Kraftentnahme eingerichtet sein, und es ist bei diesen Versuchen auf die spätere praktische Ausführung und die praktische Ausbeute so weitgehend als möglich Rücksicht zu nehmen, damit man Anhaltspunkte für die spätere Ausführung im Großen erhält, andererseits ist es natürlich in Rücksicht auf die Kosten geboten, über ein gewisses Maß nicht hinauszugehen, damit unter Vermeidung zu hoher Ausgaben die Versuche mehrere Male wiederholt werden können, sei es unter gleichen oder verbesserten Bedingungen. Aus diesen Vorbedingungen geht im wesentlichen hervor, unter welchen Gesichtspunkten die Einrichtung und der Betrieb solcher Laboratorien stattzufinden hat. Die Anzahl der bereits konstruierten elektrischen Öfen für die Erzeugung hoher Temperaturen für elektrochemische Zwecke ist bereits sehr groß und sind im folgenden mehrere angeführt, die als Muster und praktisch ausgearbeitete Modelle in der Praxis und in den Laboratorien Eingang gefunden haben. Bezüglich des Stromverbrauchs und der dementsprechend zu wählenden Stromquelle ist zu bemerken, dafs darin ungemein große Schwankungen bezüglich des Bedarfs stattfinden und zwar wechselt er zwischen 4—5 und 15 000 Volt, ferner ist zu beachten, dafs für elektrolytische Prozesse fast ausschließlich der Gleichstrom, für die rein elektrothermen Reaktionen Ein- oder Mehrphasenwechselstrom gebraucht wird. Als Beispiel eines Laboratoriums dieser Art kann das Laboratorium von Owens College gelten, wenn es auch nicht die entsprechende Vollkommenheit aufweist, die man von einer Mustereinrichtung verlangen kann. Die Kraft wird von einer Gaskraftmaschine und einem Motor geliefert, die zusammen auf dieselbe Welle gekuppelt werden können, sodafs sie zusammen 40 Kilowatt zu liefern imstande sind. Eine Dynamomaschine von 40 Kilowatt kann die Ströme von 10 bis 200 Volt und bis zu 600 Ampère liefern, wie sie für die Öfen mit Lichtbogen benötigt werden. Eine zweite Dynamomaschine dient zur Erzeugung der Ströme für Elektrolyse. Sie gibt Ströme bis zu 1000 Ampère und 15 Volt, eine 40 Kilowatt-Dreiphasenmaschine und ein 20 Kilowatt Drehstromdynamo, sowie ein Transformator vervollständigen die Einrichtung. Letztere ermöglicht es zwischen 30 Ampère bei 600 Volt und 250 Ampère bei 75 Volt zu regulieren. Mc Dougall überließ seine Apparate zur Erzeugung von Salpetersäure bei Anwendung von Strömen bis zu 16000 Volt.

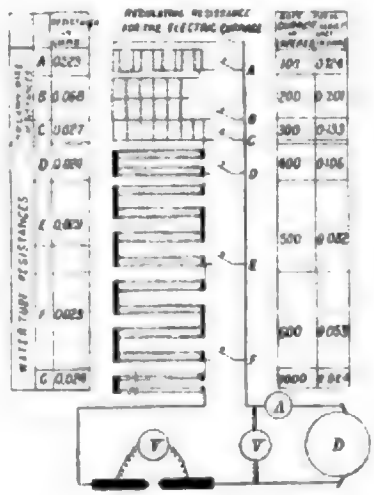


Fig. 1.

Die Widerstände zur genauen Regulierung der Ströme sind angegeben auf einem Diagramm, Fig. 1, die erste Reihe dieser Widerstände besteht aus Manganindraht, dient für Ströme bis zu 300 Ampère für die Öfen mit Lichtbogen, die zweite Reihe besteht aus Neusilberröhren mit Wasserkühlung für eine Maximalkapizität von 1000 Ampère. Die Anordnung und Einrichtung geht aus den Fig. 3—5 hervor. Ströme von 600 Am-

Digitized by Google

père werden durch Widerstände mit Röhren von 6 Millimeter Durchmesser geleitet, für solche bis 1000 Ampère dienen 2 lange Röhren von 13 mm Durchmesser mit einem

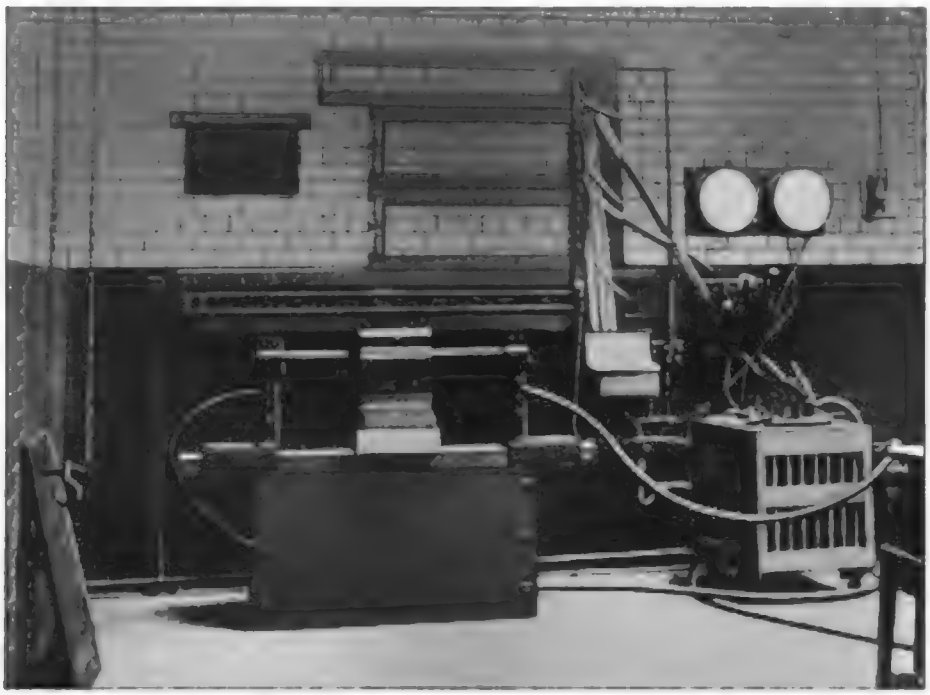


Fig. 2. **Elektrischer Ofen von Moissan. Versuchsanordnung.**

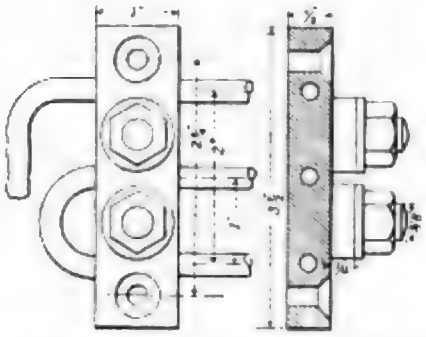


Fig. 3. **Endklemme für Röhrenwiderstände mit Wasserkühlung für 600 Ampère.**

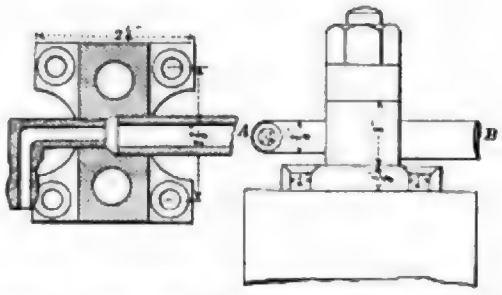


Fig. 4. **Endklemme für Röhrenwiderstände mit Wasserkühlung für 1000 Ampère.**

Widerstande von 0,024 Ohm.[1]) Zur Feinregulierung dienen auf den Röhren verschiebbare Klemmen, die die Röhren paarweise verbinden. Als Ausrüstung des Laboratoriums dienen ein elektrischer Ofen von 40 Kilowatt nach Moissan[2]) (Fig. 2—6) bestehend aus 2 Teilen, die aus gebranntem Kalk hergestellt sind. Der untere Teil dient zur

Digitized by Google

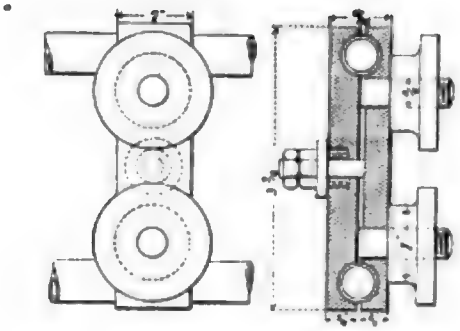


Fig. 5. Verschiebbare Klemme für Widerstände aus Röhren mit Wasserkühlung.

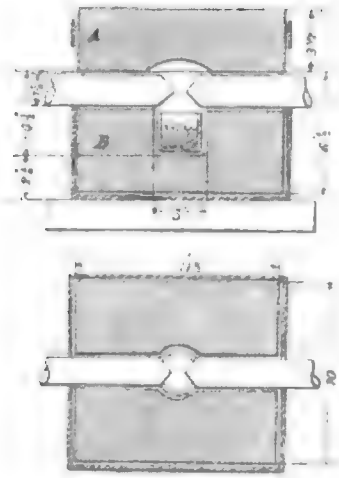


Fig. 6. Elektrischer Ofen nach Moissan.

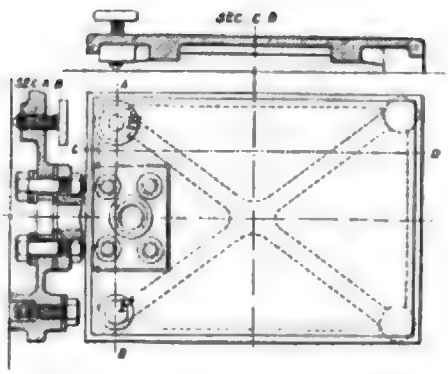


Fig. 7. Grundplatte zum Apparat nach Hebra.

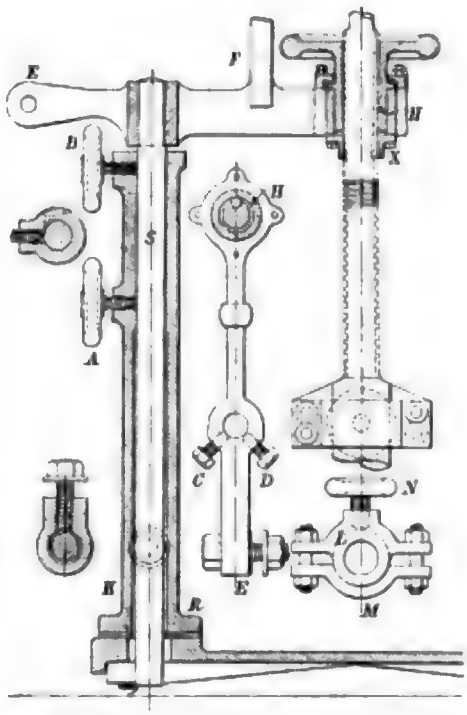


Fig. 8. Stativ zum Apparat nach Hebra.

Digitized by Google

Fig. 9A. **Haberscher Ofen.**

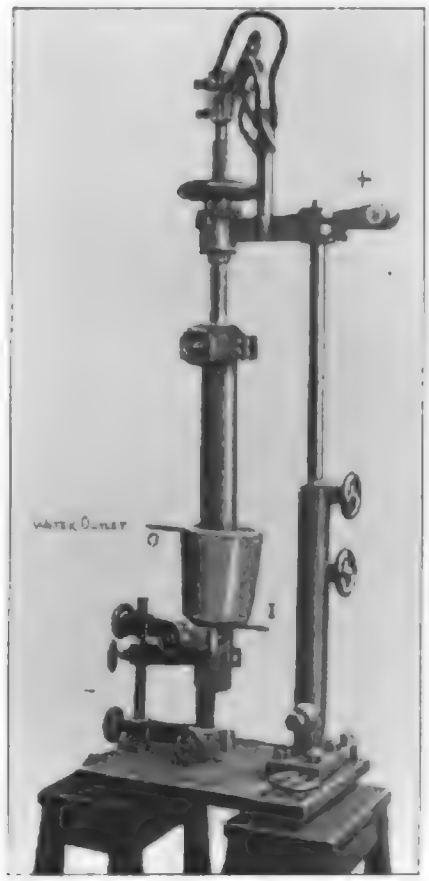


Fig. 9B. **Haberscher Ofen.**

Fig. 10. **Carborundumofen. Versuchsanordnung.**

Digitized by Google

Aufnahme eines Tiegels und ist zu diesem Zwecke ausgehölt, der obere Teil dient als Deckel; beide werden meist durch eine Eisenarmierung zusammengehalten. Der Apparat von Haber[3]) dient für den Aufbau von Öfen für die verschiedensten Zwecke und ist in seiner Ausführung und Anwendung in den Fig. 7, 8 und 9, A und B, dargestellt. Fig. 10 zeigt einen Carborundumofen für 40 Pferdestärken Kraftverbrauch, während Fig. 11 einen einfachen Ofen für Calciumkarbidgewinnung darstellt. Dieser Ofen besteht in der Hauptsache aus einem gemauerten Ofenschacht von geringer Höhe, in den zwei Kohlenelektroden getrennt von einander eintauchen, die Stromzuführung geschieht durch Kupferschienen. Fig. 12 veranschaulicht einen Ofen, bei dem man mit Strömen bis zu 1000 Ampère, in Gasen bis zu 200 Atmosphären Druck arbeiten kann. Fig. 13 gibt eine schematische Darstellung verschiedener elektrischer Öfen, die in der Industrie Verwendung finden.[4])

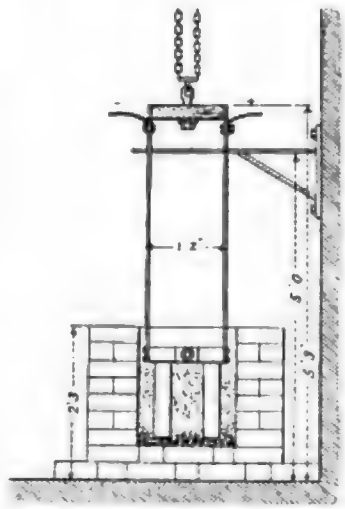


Fig. 11. **Einfacher Calciumkarbidofen.**

A ist ein Ofen, der ebenso wie *B* eine Eintauchelektrode aus Kohle hat und eine Bodenelektrode aus Kohle oder anderen leitenden Material besitzt; es ist eine Art Tiegelofen, *B* gestattet das Abfließenlassen des erzeugten Produktes. *C* ist ein ähnlicher Ofen mit zwei Eintauchelektroden, *D* zeigt einen elektrolytischen Ofen, wie er für die Gewinnung von Aluminium, Zink etc. in Gebrauch ist, *E* veranschaulicht einen Widerstandsofen, bei dem das umgebende Material erhitzt wird. Alle diese Öfen können mit Ausnahme von *D* sowohl für Wechselstrom wie für Gleichstrom angewendet werden.

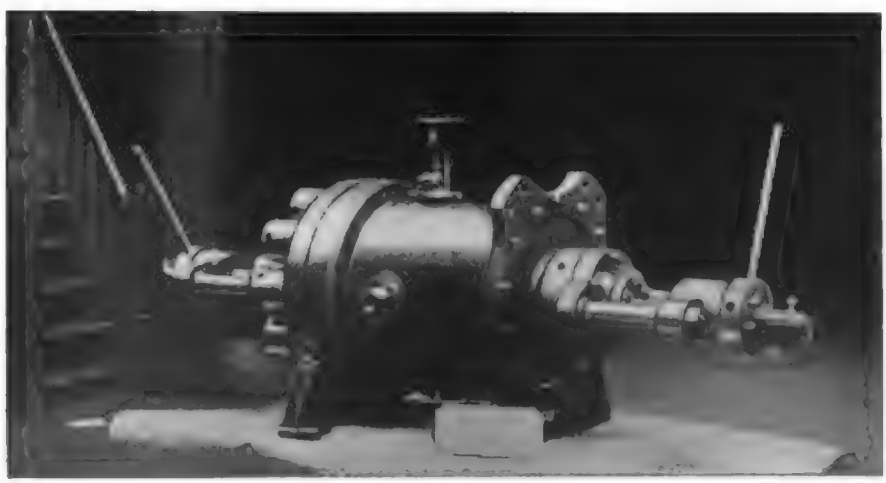


Fig. 12. **Elektrischer Ofen zum Arbeiten mit Gasen.**

Digitized by Google

Die Calciumcarbidindustrie[5]) bezeichnete in der Anwendung hoher Temperaturen für chemische Prozesse einen gewaltigen Fortschritt und veranlafste zur Konstruktion von neuen Apparaten. Dreiphasenwechselstrom wird für diese Zwecke in Marcello d'Aosta angewendet und ebenso werden für dieselben Zwecke 1500 Pferdekräfte für Zweiphasenstrom von 2200 Volt transformiert, in solche von 1100 Volt an den Niagarafällen erzeugt und zurücktransformiert bis zu 110 Volt für den Betrieb elektrischer Öfen verwendet. Für die Zwecke der Carbiddarstellung wurden Öfen konstruiert von Gin und Leleux, von der deutschen Gold- und Silberscheideanstalt, von Siemens & Halske und von Horry. Der letztere Ofen ist dargestellt in Fig. 14 und ver-

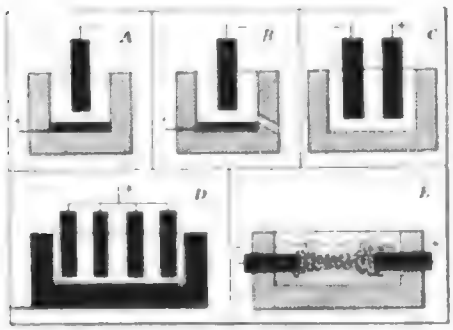


Fig. 13. Schematische Darstellung elektrischer Öfen der Industrie.

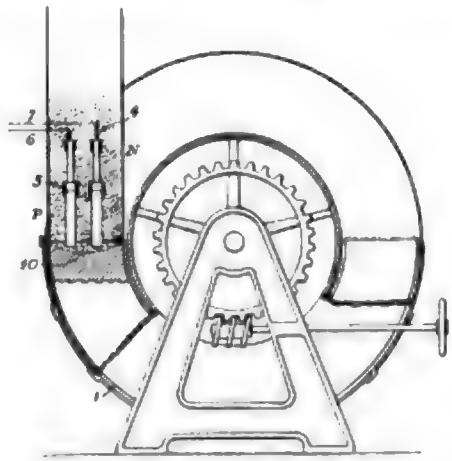


Fig. 14. Kontinuierlicher Carbidofen.

anschaulicht einen automatischen Ofen, in dem durch langsames Drehen die beiden Kohlenelektroden (vergl. Fig. 13 C) immer neuer Beschickung entgegengeführt werden, während die Austragung ebenfalls automatisch geschieht. Die Carbidfabrikation hängt in der Hauptsache von der Acetylenindustrie ab, doch steht zu erwarten, dafs diese Industrie sich wesentlich hebt, auch hofft man dieselbe durch die synthetische Darstellung von Aceton aus Acetylen, sowie durch die Verwendung von Acetylen bezw. Calciumcarbid als Reduktionsmittel bei hüttenmännischen Prozessen wesentlich steigern zu können.

Ein wesentliches Interesse bietet natürlich die Herstellung seltener Metalle und ihrer Legierungen, wie z. B. Ferrochrom, Ferrowolfram, Ferrosilicium in möglichst reiner Form. Auch Siliciumkupfer[6]), Ferrovanadium und Ferrotitan[7]) können im elektrischen Ofen hergestellt werden. Ein interessantes Produkt liefern eine Anzahl amerikanischer Werke unter dem Namen Carborundum,[8]) welches als Schleifmittel Verwendung findet. Als wichtiger Zweig der Anwendung hoher Temperaturen, gleichzeitig unter elektrolytischer Wirkung, bietet die Darstellung des Aluminiums, welches seinerseits wieder Herstellung reiner selteuerer Metalle nach dem Goldschmidtschen Thermitverfahren, z. B. Chrom,[9]) gestattet. Die Fabrikation von Aluminium aus Cryolit und Bauxit hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte wesentlich vervollkommnet und zwar

werden dafür an den Niagarafällen für den Hallprozefs 10000 Pferdestärken, an den Shawiniganfällen 5000 Pferdestärken und zu Massena, N. Y. 12000 Pferdestärken verbraucht. Die dabei verwendeten Öfen bestehen aus Gufseisengefäßen mit Kohlenausfütterung von zirka 2 m Länge, 1 m Breite und etwa $^1/_2$ m Tiefe, sie verbrauchen 250 Ampère bei 5 Volt und verlangen einen Kraftaufwand von 65 Pferdekräften in jeder Zelle.[10]) Auch die Gewinnung von künstlichem Grafit[11]) beginnt praktischen Wert zu gewinnen und haben sich die seiner Zeit von Moissan begonnenen Arbeiten zu einer praktisch verwertbaren industriellen Gewinnungsmethode ausgebildet. Es wird dabei Anthracit als Elektrode verwendet und in Grafit übergeführt. Fig. 16 gibt das

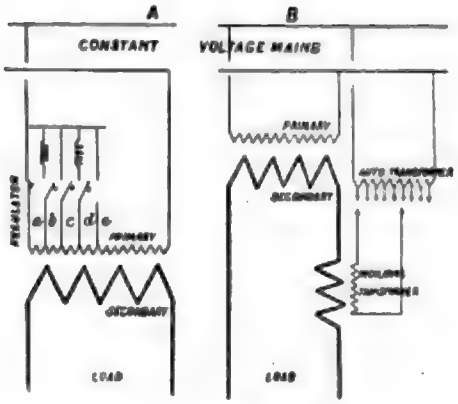


Fig. 15.

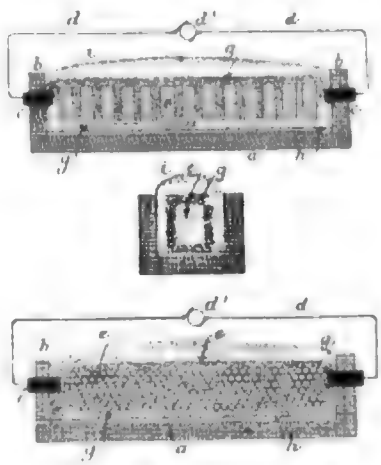


Fig. 16. **Schema eines Grafitofens.**

Schema für einen Grafitofen nach Acheson, der bei einer Lieferung von $3^1/_2$ ton Grafit aus Kohlenelektroden oder 6 tons aus Anthracit 1000 Pferdestärken bei einer Arbeitsdauer von 24 Stunden gebraucht.

Die Gewinnung metallischen Natriums[12]) nach dem Kastner-Prozefs wird an den Niagarafällen sowie in Deutschland und Frankreich ausgeführt und beruht auf der Elektrolyse geschmolzener kaustischer Soda, wobei das leichte Metall an die Oberfläche tritt und dort abgezogen werden mufs. Diese Verfahren sind inzwischen noch wesentlich verbessert worden und werden im Großen angewendet, wie z. B. an den Niagarafällen 120 Zellen mit je 1200 Ampère bei 5 Volt in Anwendung sind. Als Nebenprodukt entsteht das Natrium auch beim Darlingprozefs[13]) durch Elektrolyse von geschmolzenem Natriumnitrat, wo Salpetersäure an der Anode, Natrium an der Kathode gewonnen wird. Hierbei ist der Strombedarf 400 Ampère bei 15 Volt.

Die hauptsächlichsten Prozesse für die elektrolytische Gewinnung kaustischer Soda[14]) sind die von Griesheim-Elektron, Kastner-Keller und Hargreaves-Bird in wässeriger Lösung, während als Verfahren mit Anwendung von geschmolzenem Salz diejenigen von Vautin, Haulin und Acker zu nennen sind. Es entsteht dabei in jedem Falle kaustische Soda und Chlor, welch' letzteres zur Chlorkalkfabrikation Verwendung findet. Die letztgenannten Verfahren haben noch den Vorteil, dafs man direkt ge-

Digitized by Google

schmolzene kaustische Soda gewinnt, während man bei dem Verfahren in wässeriger Lösung erst die Sodalösung eindampfen mufs, um ein Handelsprodukt zu erhalten.

Für die Zinkgewinnung[15]) sind verschiedene Prozesse erfunden worden, und einige in Gebrauch; besonders interessant ist der „Phönix"-Prozefs von Swinburne und Ashcroft, welcher auf der Zerlegung von Zinkchlorid in geschmolzenem Zustande beruht und besonders für Broken-Hill-Erze Verwendung findet.

Die Reduktion von Mangan[16]) nach dem Verfahren von Simon und Gin geschieht, ähnlich wie beim Aluminiumprozefs, in einem Bad von geschmolzenem Calciumfluorid, dem Manganoxyd und Kohle beigemengt sind.

Eine Reihe von Verfahren ist ausgearbeitet zur Gewinnung von Phosphor[17]) im elektrischen Ofen. Es wird dabei Phosphat, Kohle und Sand gemengt, im elektrischen Ofen erhitzt und der abdestillierende Phosphor unter Wasser aufgefangen.

Besonders interessant sind die Versuche der direkten Darstellung von Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff der Luft. Eine ausführliche Arbeit darüber verfafsten Mc Dougall und Howles[18]) und es sind inzwischen von gröfseren Firmen Versuche zu seiner Verwertung angestellt worden. Die Werke von Bradley und Lovejoy am Niagara verwenden einen Strom von 10000 Volt und gibt das Fig. 17 angegebene Schema ein Bild davon. *A* ist darin eine Art Transformator, dessen Achse mit dem negativen Pol der Dynamomaschine *D* verbunden ist. Es sind in einer Reihe 23 gleiche Einrichtungen auf einer Achse aufgesteckt und bilden dieselben die Bildungszelle für die Salpetersäure. Um die Kühlung in dem Apparat zu bewirken, wird die Luft so schnell hindurchgetrieben, dafs das erfolgende Gas nur 2—3 % Stickstoffoxyde enthält. Die Ausbeute ist 1 kg Salpetersäure für 15 Pferdestärkenstunden.

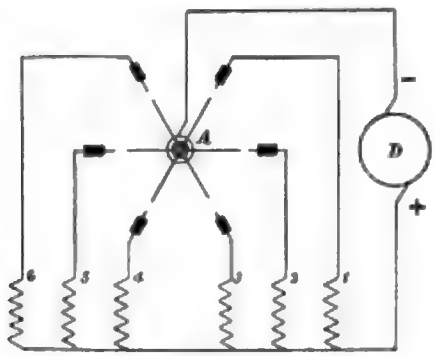


Fig. 17.

Die Gewinnung geschmolzener Thonerde[19]) aus Bauxit im elektrischen Ofen betreibt die Norton Emery Wheel Co. am Niagara. Sie gewinnt durch Anwendung von 500 Pferdestärken täglich 4—5 t geschmolzene Thonerde, die sie unter dem Namen „Alundum" als Ersatzmittel für Corund bezw. Schmirgel in den Handel bringt.

Die Verarbeitung von Schwerspath zu Bariumoxyd[20]) betreibt die United Barium Company am Niagarafall unter Anwendung elektrischer Öfen. Die Reaktionsgleichungen sind folgende:

$$4\,BaSO_4 + 4\,C = BaS + 3\,BaSO_4 + 4\,CO$$
$$BaS + 3\,BaSo_4 = 4\,BaO + 4SO_2$$

Praktisch erhält man dabei in den gebräuchlichen 100-Kilowattöfen ein Gemenge von Oxyd und Sulfid. Durch Auslaugen gewinnt man daraus eine gute Qualität Barythydrat, während das Sulfid anderweitig verarbeitet wird.

Eine interessante Anwendung der elektrischen Öfen ist die Gewinnung des Schwefelkohlenstoffes aus Schwefel und Kohle. Die dabei angewendete Ofenkonstruktion

besteht in einem Turm von 12 m Höhe und 4,8 m Durchmesser. Der Schwefel wird kontinuierlich zugeführt und verbindet sich in Dampfform mit Kohlenstoff, der entstandene Schwefelkohlenstoff destilliert ab und wird durch Kühlvorrichtungen kondensiert. Das Verfahren ist von Taylor ausgearbeitet, wird in Pen Yan. N. Y. ausgeführt und liefert täglich zirka 5 t guten Schwefelkohlenstoff.

Besonderes Interesse bieten die verschiedenen Verfahren der Stahlgewinnung mit Hülfe des elektrischen Ofens. Es sind vor allen zu nennen das Verfahren nach De Laval,[21]) welches in Trollhättan-Schweden zur Verarbeitung der Erze direkt zu Stahl versucht wurde, jedoch finanziell keinen Erfolg zeitigte.

Ferner ist das in Italien wahrscheinlich aussichtsvollere Verfahren von Stassano[22]) zu nennen, welches ebenfalls die direkte Darstellung von Stahl aus Erzen beabsichtigt. Es werden dabei auf 1 t Metall 3000 Pferdestärkenstunden benötigt.

Das Verfahren von Harmet,[23]) welches zu St. Etienne angewandt wird, zerfällt in getrennte Operationen für Reduktion der Erze und Schmelzen des erfolgenden Stahls in einem besonderen Ofen.

Nach dem Verfahren von Ruthenberg[24]) werden arme Erze elektromagnetisch angereichert und nachher im elektrischen Ofen gefrittet, um anderweitig verhüttet zu werden. Conley[25]) bewirkt die Reduktion der Eisenerze, indem er dieselben zwischen zwei Platten hindurchgehen läfst, die durch den Strom geheizt werden, das Metall wird dann in einem darunter befindlichen, elektrisch geheizten Herd zusammengeschmolzen.

Gin verarbeitet Gemenge von Eisenoxyd und Schwefelerzen, wobei schweflige Säure und Ferrosilicium als Nebenprodukte erfolgen. Zu erwähnen ist noch ein Ofen von Keller,[26]) der in den Werken von Kerousse (Morbihan) in Anwendung ist. Die Verfahren zur Gewinnung von Stahl aus Metall im elektrischen Ofen sind: das Verfahren von Benedicks,[27]) welches zu Gysinge in Schweden in Verwendung ist und das von Schneider[28]) in Frankreich. In beiden Fällen hat man es mit einer Art Transformator zu tun, bei dem der Schmelzraum ringförmig ist. Bei dem Verfahren von Gysinge, welches bereits früher in Dinglers Journal beschrieben wurde, sind zur Zeit 300 Pferdestärken in Anwendung, die eine Jahresproduktion von 1500 t Stahl gewährleisten.

Man hat es auch versucht, elektrische Öfen für Glasschmelzung anzuwenden und zwar in Plettenberg, Westfalen;[29]) besonders von Interesse ist dies aber für die Herstellung von Quarzglas nach dem Verfahren von Heräus & Siebert.

Die Kalkulation bezüglich der Rentabilität elektrischer Öfen ist sehr schwierig und nur von Fall zu Fall an der Hand der praktischen Ergebnisse zu beurteilen. Es steht zu erwarten, dafs die Anwendung hoher Temperaturen, die mit Hülfe des elektrischen Stromes erzeugt werden, noch vielfach Anwendung in der chemischen Industrie und im Hütttenwesen finden werden.

Digitized by Google

Literatur.

*) Crompton, British Association Reports, S. 809. 1888.
**) Journal of the Society of Chemical Industrie, 1901, S. 662—676.
Borchers, Die Elektrochemie auf der Weltausstellung Paris 1900.
***) Bericht von Arrhenius an die schwedische Regierung. Electrician, 1901, S. 71.
†) Humphrey, Proceedings of the Institution of mechanical Engineers, 1901, S. 41.
††) Bryan Donkin, Minutes and Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Bd. 148, S. 1–55.
[1]) Zeitschrift für Elektrochemie, 1902, S. 6, 58, 123, 124.
[2]) Moissan, Der elektrische Ofen, Berlin 1897.
[3]) Haber, Zeitschrift für Elektrochemie, 1902, S. 1, 26, 607.
[4]) Liebigs Annalen, 1902, S. 231—269.
[5]) Vivian B. Lewes, Acetylene, London 1900.
Moissan, Comptes Rendus Bd. 115, 1892, S. 1031, Bd. 118, 1894, S. 501.
Revue Generale des Sciences Bd. 12, S. 946—955, 1901.
Mineral Industrie, Bd. 10, 1092, S. 74.
Horry, United States Patent No 665 779, 1900.
Carson, Zeitschrift für Elektrochemie, 1900, Bd. 6, S. 413 und 429.
Frölich, daselbst, 1900, Bd. 7, S. 1—10.
Pradon, Electrical Review, 1901, Bd. 49, S. 463.
Cesare Pio, Electrician, 1899, S. 637.
Electrical World and Engineer, 1902, S. 375.
Bertolus, English Patent No. 16 942, 1897.
Rothmund, Z. f. anorganische Chemie. 1902, Bd. 31, S. 136.
Borchers, Z. f. Elektrochemie, 1902, Bd. 8, S. 349.
Electrical World and Engineer, 1899, S. 794.
Horry, English Patents 22 521. 1897, und 14 261, 1899.
Borchers, Z. f. Elektrochemie, 1900, Bd. 7, S. 236.
Haber, Z. f. angewandte Chemie, 1901, S. 185.
Kershaw, Electrician, 1900, S. 267.
Report of Committee on Acetylene Generators (Home Office) 1902.
Fouche, Soc. francaise de physique, No. 171, Nov. 15 1901.
Journal de l'Ectrolyse, Bd. 10, No 122, S. 13, 1901.
v. Kügelgen, Zeitschrift für Elektrochemie, Bd. 7, S. 541, 557, 573, 1901.
Hubou, Memoires de la Soc. des Ing. Civils de France, 1900.
[6]) Scheid, English Patent No. 18 659, 1899.
[7]) Rossi, Mineral Industry, Bd. 9, S. 715, 1900.
Goldschmidt, Z. f. angew. Chemie, Heft 28, 1902.
[8]) Moissan, Der elektr. Ofen, S. 193, und Chemical Trade Journal, Bd. 30, S. 453, 1902.
[9]) Kohn, Journal of the Society of Chemical Industry, Bd. 16, S. 836, 1897.
Peck, Electrochemical Industry, Bd. 1, S. 5, 1902.
[10]) Wallace, Journal of the Soc. Chem. Industry, Bd. 17, S. 308, 1898.
Becker, Manuel d'Electrochimie, Paris, S. 175, 1898.
Mineral Industry, S. 14, 1892. Chandler, Journ. Soc. Chem. Industry, Bd. 19, S. 609, 1900.
W. Murray Morrison, Journal Institute Electrical Engineers, Bd. 31, S. 400, 1901.
Haber, Zeitschr. f. angew. Chemie, S. 215, 1901.
Richards, Electro-Chemical Industry, Bd. 1, S. 49, 1902.
Haber und Geipert, Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. 8 S. 1, 26 und 607, 1902.
[11]) Despretz, Comptes Rendue, Bd. 29, S. 709, 1849
Berthelot, Ann. de Chim. et de Phys. (iv.), Bd. 19, S. 392.
H. Moissan, Le Four Etectrique. S. 85 bis 111.
Girard and Street, English Patent No. 13 340, of 1893; D. R. P. No. 78 926, of 1893.

Street, Soc. Intern. des Electriciens. See Electrician, Bd. 35, S. 542, 1895.
E. G. Acheson, United States Patent No. 508323, 1896.
F. A. G. Fitzgerald, Journal of Soc. Chem. Ind., Bd. 20, S. 443, 1901.
sowie Journal of Franklin Inst., December 11, 1896.
Borchers, Zeitschr. für Elektrochemie, Bd. 3, S. 393, 1897.
Townsend, Electrical World and Engineer, Bd. 37, S. 546, 1891.
Sprösser, Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. 7, S. 971 usw., 1901.
Förster, Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. 8, S. 143, 1902.
[12]) Englisches Patent No. 13356, 1890.
Electrochemical Industry. Bd. 1, S. 15, 1902.
Journ. Soc. Chem. Ind., 1891, 8, 777.
Rathenau & Suter, D. R. P. 96672, 1896.
R. Pauli, Chemische Zeitschrift, Bd. 1, S. 497, 1902.
Le Blanc und Brode, Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. 8, S. 697—707 und 717—729, 1902.
[13]) Darling, Journal of the Franklin Institute, Bd. 153, S. 65—67, 1902.
[14]) Vautin, Brevet anglais No. 13568, 1893.
Journal of Society of Chemical Industry, Bd. 13, S. 448, 1894.
Townsend, Electrical World and Engineer, Bd. 39, S. 585—587, 1902.
Acker, Transaction of the American Electro-Chemical Society, Bd. I, S. 165, 1902.
[15]) Ashcroft, Institution of Mining and Metallurgy, 1901.
Electro-Chemist and Metallurgist, S. 244—249 and 269—271, 1901.
[16]) Simon, Brevet anglais No. 17190, de 1900.
Gin, La fabrication électrique du Ferro-Manganèse en France, procédé Simon, Paris, 1901.
[17]) Readman, Engl. Patent No. 14962, 1888.
Parker et Robinson, Engl. Patent No. 17719, 1888.
Readman, Journal of the Society of Chemical Industrie, Bd. 10, S. 445, 1891.
Thorpes Dictionary of Chemistry, Bd. 3, S. 192.
Machalske, Electrical World and Engineer, Bd. 37, S. 369, 1901.
Irvine, Electrical World and Engineer, Bd. 38, S. 374, 1902.
[18]) Mc Dougall und Howles, Manchester Lit. and Phil. Society, Bd. 44, Teil 4, No. 13, S. 1—19, 1900.
Bradley, Electrical World and Engineer, Bd. 40, S. 159, 1902.
Rayleigh, Journal of the Chemical Society, Bd. 71, S. 181, 1897.
[19]) Jacobs, Amerik. Patent.
Gintl, Zeitschr. f. angew. Chemie, 1901, S. 1173.
Hasslacher, D. R. P. 85021, 1896.
[20]) Jacobs, Journal of the Society of Chemical Industrie, Bd. 21, S. 391.
Limb, Engl. Patent 7282, 1899.
[21]) Jahrbuch der Elektrochemie, Bd. 1, S. 123, 1894.
[22]) Jahrbuch der Elektrochemie, Bd. 6, S. 320, 1899.
Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. 8, S. 61, cl. 852, 1902.
Journal of the Society of Chemical Industry, Bd. 20, S. 816, 1902.
[23]) Harmet, Etude sur l'Electrométallurgie du fer. Electrochemist and Metallurgist, Bd. 9, S. 18, 1902.
Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. 1, S. 516, 1902.
[24]) Engl. Patent 13807 von 1902.
Electrochemist and Metallurgist, Bd. 2, S. 12, 1902.
Jahrb. der Elektrochemie, Bd. 1, S. 516, 1902.
[25]) Electrochemist and Metallurgist, Bd. 2, S. 16, 1902.
[26]) Bertolus, Notice sur la fabrication des aciers au four électrique, Paris, 1902.
[27]) Engl. Patent 18921 von 1900.
[28]) Engl. Patent 7338 von 1901.
[29]) Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. 3, 8, S. 110, 1902 und Engl. Patent Volker 23903 von 1900.

IV. Kleinere Mitteilungen.

Über die von dem Verein deutscher Ingenieure herausgegebenen „Mitteilungen über Forschungsarbeiten".

Der Verein deutscher Ingenieure ist zu der Herausgabe der „Mitteilungen über Forschungsarbeiten" geschritten, nachdem er erkannt hatte, dafs die an den technischen Hochschulen für die Gebiete der Elastizität und Festigkeit des Maschinen- und Ingenieurwesens im allgemeinen und der Elektrotechnik im besonderen errichteten Ingenieurlaboratorien sich nicht allein schnell eine bedeutende Stellung im Unterricht errungen hatten, sondern auch ihrer Aufgabe als Stätte wissenschaftlicher Forschung zu dienen, trotz ihrer Jugend in so hohem Maße gerecht geworden waren. Es stand nun zu befürchten, dafs die Berichte über die Forschungsergebnisse der Ingenieurlaboratorien vereinzelt und an verschiedenen Stellen erscheinen und dadurch für viele schwer zu erhalten sein möchten, während es für die praktische Auswertung dieser Ergebnisse der Ingenieurlaboratorien vereinzelt und an verschiedenen Stellen erscheinen und dadurch für viele schwer zu erhalten sein möchten, während es für die praktische Auswertung dieser Ergebnisse von großem Wert ist, dafs sie möglichst weiten Kreisen der Ingenieurwelt, besonders auch den Studierenden an den technischen Hochschulen recht leicht zugänglich gemacht werden. Diese Erwägungen haben zu einer Vereinbarung zwischen den Leitern fast sämtlicher Ingenieurlaboratorien der deutschen Hochschulen und der Redaktion der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure geführt, der zufolge die Berichte über Forschungsarbeiten zunächst innerhalb der Zeitschrift und dann — gebotenenfalls erweitert und durch ausführliche Wiedergabe der Versuchsergebnisse ergänzt — in den „Mitteilungen über Forschungsarbeiten" niedergelegt werden sollen. In derselben Weise werden auch die sonst noch in der Zeitschrift zur Veröffentlichung gelangenden Berichte anderer Forscher — wir nennen nur die wertvollen Arbeiten von Stribeck über Kugellager, Schröder über Ventile, Lasche über Reibungsverhältnisse in Lagern — in den „Mitteilungen" verwertet. Schließlich ist durch Aufnahme von Doktorarbeiten, denen Forschungen im Laboratorium zugrunde liegen (z. B. im letzten Heft der Arbeit von Griessmann), sowohl deren Verbreitung gefördert, als auch jüngeren Ingenieuren die Drucklegung ihrer Arbeiten erleichtert worden.

Digitized by Google

Dafs mit der Herausgabe der „Mitteilungen“ in der Tat einem Bedürfnis der Ingenieurwelt entsprochen ist, dafür spricht am besten der Umstand, dafs das Heft 3 seit längerer Zeit vollständig vergriffen ist und dafs für das demnächst erscheinende stärkere Heft eine wesentlich größere Auflage sich als notwendig erwiesen hat. Ein buchhändlerischer Gewinn ist bei dem geringen Preis des Einzelheftes allerdings ausgeschlossen, ist auch den idealen Zwecken des Unternehmens gegenüber von vornherein nicht ins Auge gefafst worden.

Ein Inhaltsverzeichnis über die Arbeiten in den bisher erschienenen 13 Heften lassen wir nachstehend folgen:

Heft 1: Bach: Untersuchungen über den Unterschied der Elastizität von Hartgufs (abgeschrektem Gufseisen) und von Gufseisen gewöhnlicher Härte.
Zur Frage der Proportionalität zwischen Dehnungen und Spannungen bei Sandstein.
Versuche über die Abhängigkeit der Festigkeit und Dehnung der Bronze von der Temperatur.
Versuche über das Arbeitsvermögen und die Elastizität von Gufseisen mit hoher Zugfestigkeit.
Versuche über die Druckfestigkeit hochwertigen Gufseisens und über die Abhängigkeit der Zugfestigkeit desselben von der Temperatur.
Untersuchung über die Temperaturverhältnisse im Innern eines Lokomobilkessels während der Anheizperiode.

Heft 2: Stribeck: Kugellager für beliebige Belastungen.
Göpel: Die Bestimmung des Ungleichförmigkeitsgrades rotierender Maschinen durch das Stimmgabelverfahren.
Holborn und Dittenberger: Wärmedurchgang durch Heizflächen.
Lüdicke: Versuche mit einem Lufthammer.

Heft 3: Meyer: Untersuchungen am Gasmotor.
Martens: Zugversuche mit eingekerbten Probekörpern.
Werkzeugstahl-Ausschufs: Schnelldrehstahl.

Heft 4: Bach: Versuche über die Abhängigkeit der Zugfestigkeit und Bruchdehnung der Bronze von der Temperatur.
Lindner: Dampfhammer-Diagramme.
Bach: Eine Stelle an manchen Maschinenteilen, deren Beanspruchung auf Grund der üblichen Berechnung stark unterschätzt wird.
Körting: Untersuchungen über die Wärme der Gasmotorenzylinder.
Claafsen: Die Wärmeübertragung bei der Verdampfung von Wasser und von wässrigen Lösungen.

Heft 5: Bach: Die Elastizität der an verschiedenen Stellen einer Haut entnommenen Treibriemen.
Staus: Beitrag zur Wärmebilanz des Gasmotors.
Pfarr: Bremsversuche an einer New American-Turbine.
Bach: Zur Frage des Wärmewertes des überhitzten Wasserdampfes.

Heft 6: Schröder: Versuche zur Ermittlung der Bewegungen und Widerstandsunterschiede großer gesteuerter und selbsttätiger federbelasteter Pumpen-Ringventile.
Westberg: Schneckengetriebe mit hohem Wirkungsgrade.
Frahm: Neue Untersuchungen über die dynamischen Vorgänge in den Wellenleitungen von Schiffsmaschinen mit besonderer Berücksichtigung der Resonanzschwingungen.

Heft 7: Stribeck: Die wesentlichen Eigenschaften der Gleit- und Rollenlager.
Schröter: Untersuchung einer Tandem-Verbundmaschine von 1000 PS.
Austin: Über den Wärmedurchgang durch Heizflächen.

Heft 8: Langen: Untersuchungen über die Drücke, welche bei Explosionen bei Wasserstoff und Kohlenoxyd in geschlossenen Gefäßen auftreten.
Meyer: Untersuchungen am Gasmotor.

Digitized by Google

Heft 9: Lasche: Die Reibungsverhältnisse in Lagern mit hoher Umfangsgeschwindigkeit.
Dittenberger: Über die Ausdehnung von Eisen, Kupfer, Aluminium, Messing und Bronze in hoher Temperatur.
Bach: Die Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften der Eisensorten, für welche nach dem vorhergehenden Aufsatz die Ausdehnung durch die Wärme ermittelt worden ist.
Zwei Versuche zur Klarstellung der Verschwächung zylindrischer Gefäße durch den Mannlochausschnitt.

Heft 10: Günther: Verfahren zur Gewinnung von Kupfer und Nickel aus kupfer- und nickelhaltigen Magnetkiesen.
Grübler: Versuche über die Festigkeit von Schmirgel- und Karborundumscheiben.
Klein: Reibungsziffern für Holz und Eisen.

Heft 11: Schmidt: Untersuchungen über die Umlaufbewegung hydrometrischer Flügel.
Bach und Roser: Untersuchung eines dreigängigen Schneckengetriebes.
Frank: Neuere Ermittlungen über die Widerstände der Lokomotiven und Bahnzüge mit besonderer Berücksichtigung großer Fahrgeschwindigkeiten.
Bach: Abhängigkeit der Wirksamkeit des Ölabscheiders von der Beschaffenheit des den Dampfzylindern zugeführten Öles.

Heft 12: Lewicki: Die Anwendung hoher Überhitzung beim Betrieb von Dampfturbinen.

Heft 13: Griefsmann: Beitrag zur Frage der Erzeugungswärme des überhitzten Wasserdampfes und sein Verhalten in der Nähe der Kondensationsgrenze.
Diegel: Der Einfluß von Ungleichmäßigkeiten im Querschnitte des prismatischen Teiles eines Probestabes auf die Ergebnisse der Zugprüfung.
Schimanek: Versuche mit Verbrennungsmotoren.
Stribeck: Der Warmzerreißversuch von langer Dauer. Das Verhalten von Kupfer.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

II. Abhandlungen.

Die Verbundlokomotive in England.

Ein Beitrag zur Geschichte der Verbundlokomotive.

Von Dr. techn. **R. Sanzin**, Konstrukteur der k. k. technischen Hochschule in Graz.

(Schluſs.)

Allgemeine Bemerkungen über Zweizylinder-Verbundlokomotiven.

Daſs die Zweizylinder-Verbundlokomotive in England keine weitere Verbreitung gefunden hat, läſst sich auf folgende Umstände zurückführen. Da das beschränkte englische Lichtraumprofil überhaupt nur Lokomotiven mit zwischen den Rahmen liegenden Cylindern zuläſst, wenn der Durchmesser der letzteren etwas größer ist, so müssen auch gekröpfte Triebachsen in Anwendung kommen. Um bei innen liegenden Rahmen noch entsprechend breite Achslager und Kurbelarme zu erhalten, ist es kaum möglich die Zylinderachsen weiter als 600 bis 620 mm auseinanderzurücken. Bei dieser Abmessung sind größere Zylinder als an Worsdells älteren Lokomotiven (457 und 660 mm Durchmesser) nicht erreichbar. Bei den großen zulässigen Achsdrücken für Triebachsen in England und wegen der weniger günstig wirkenden Anzugvorrichtung II. Art war eine Vergrößerung der Dampfzylinderdurchmesser bald erwünscht. Worsdell erreichte eine Vergrößerung der Durchmesser durch die geneigte Lage der Zylinderachsen zu einander. Trotzdem die wagrechte Entfernung der Zylinderachsen auch nur 610 mm betrug, konnten die Durchmesser auf 508 und 710 mm gebracht werden. Obwohl die gleichwertigen Zwillingslokomotiven nur Zylinder von 483 mm Durchmesser besaßen und die erste Anzugkraft für eine Umdrehung im Mittel sich gleich hoch für beide Maschinen stellte, war doch in einigen bestimmten Kurbelstellungen die Anzugkraft so niedrig, daſs man gern den Zylinderdurchmesser noch vergrößert hätte. Das ging aber nicht an, denn ein weiteres Neigen der Zylinderachsen hätte verschiedene Nachteile mit sich gebracht. Als noch dazu wegen der gesteigerten Anforderungen Zwillingslokomotiven von 508 mm Zylinderdurchmesser gebaut wurden, war es ohne weitgehende Abweichung von der üblichen Bauweise gar nicht möglich, eine gleichwertige Verbundlokomotive mit zwei Zylindern herzustellen. Bei äußeren Rahmen ist eine Lösung der Aufgabe möglich. So baute 1893 die französische Ostbahn eine $^3/_3$ gekuppelte Güterzug-

Digitized by Google

lokomotive mit Zylindern von 530 und 850 mm Durchmesser. Oberbaurat K. Gölsdorf entwarf 1898 ebenfalls mit Hilfe der Außenrahmen eine $^3/_5$ gekuppelte Gebirgsschnell-

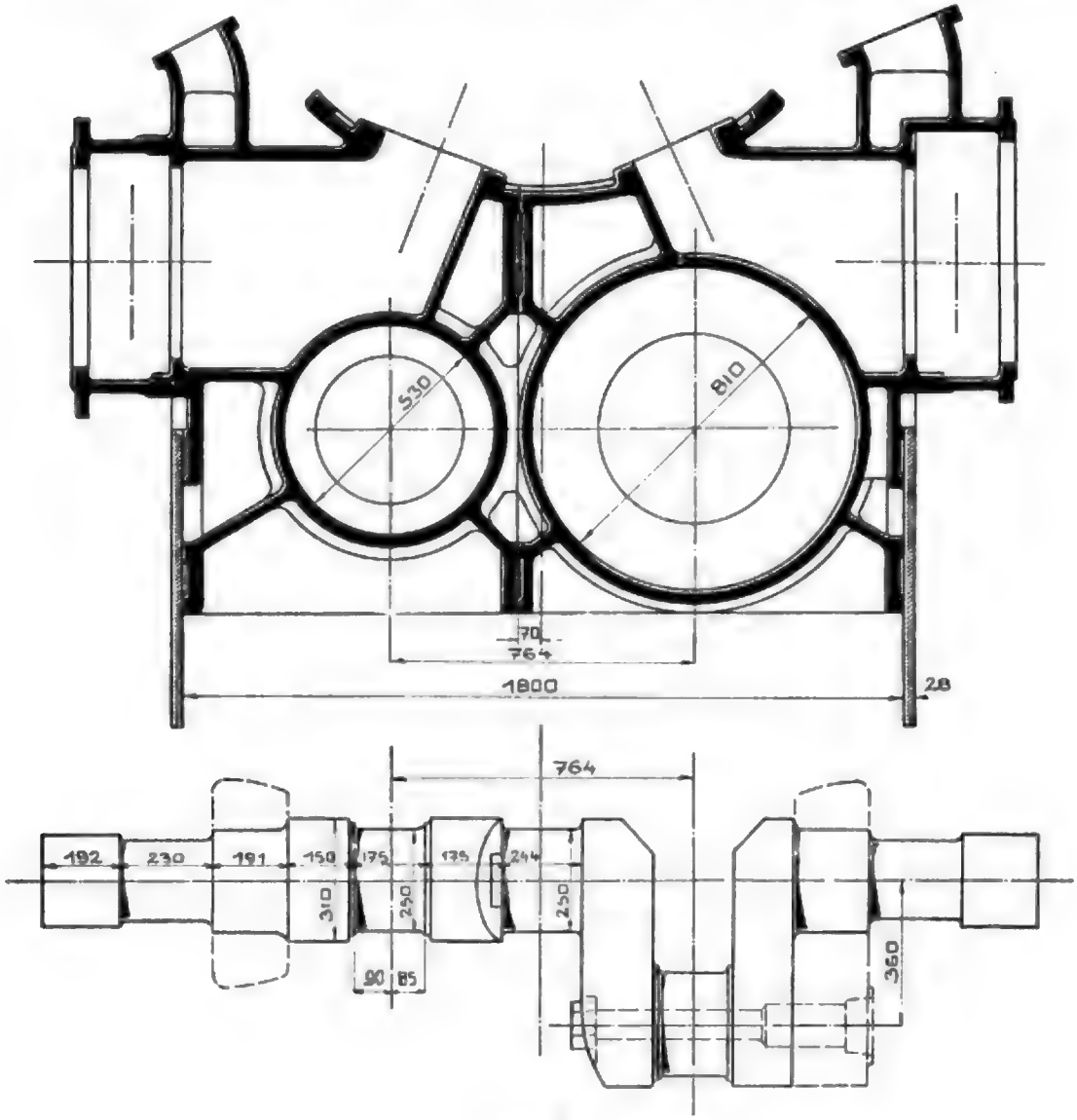


Fig. 15.

zuglokomotive für die k. k. österreichischen Staatsbahnen mit Zylindern von 530 und 810 mm Durchmesser.

Ein Querschnitt durch die Dampfzylinder dieser Lokomotive und eine Ansicht der Triebachse ist in Fig. 15 wiedergegeben. Fig. 16 und 17 stellt Zylinderquerschnitt und Triebachse der Worsdellschen Verbundlokomotiven mit 457 und 660, beziehungsweise

Digitized by Google

508 und 710 mm Zylinderdurchmesser dar. Vergleichsweise ist auch noch Fig. 18 beigegeben, welche für eine $^2/_4$ gekuppelte Schnellzuglokomotive der schweizerischen Nord-Ost-Bahn gilt und so ziemlich die größten Zylinder darstellt, welche bei Innenrahmen

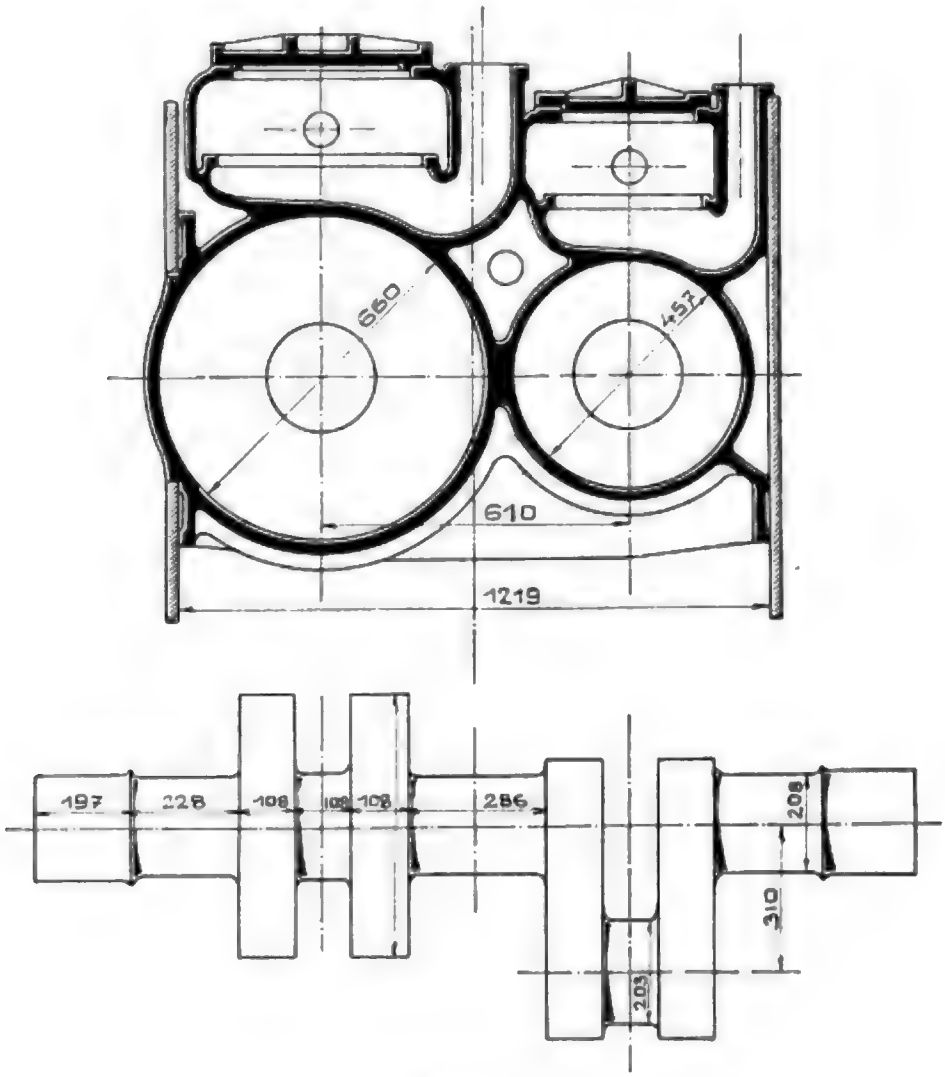


Fig. 16.

und gleicher Neigung der Zylinderachsen erreicht werden können. Es hätte aber Mittel gegeben, die verhältnismäßig großen Zylinder der Lokomotiven Bauart Worsdell für das Anfahren kräftiger zu machen. Dies hätte eine bessere Anfahrvorrichtung und die Verwendung von Steuerungen mit sehr hohen Füllungsgraden (90 bis 95 %) erreicht. Durch ein Wechselventil, welches dem Hochdruckzylinder eigene Ausströmung und dem

Digitized by Google

Niederdruckzylinder Dampf von entsprechender Spannung erteilt, hätte man die Anzugkraft um Bedeutendes gehoben und ebenso günstig gestaltet, wie bei Zwillingslokomo-

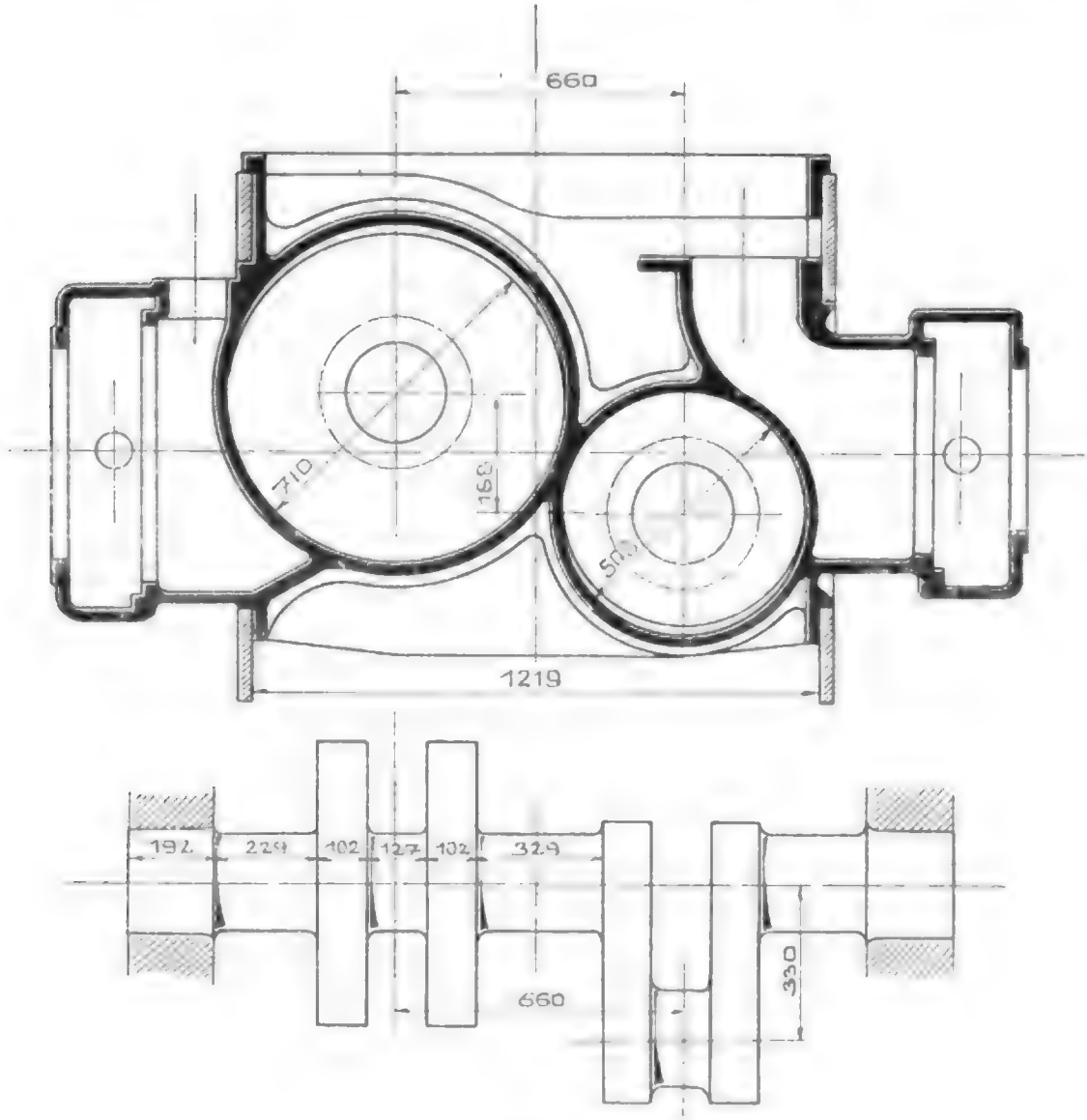


Fig. 17.

tiven mit ebenso großem Zylinderdurchmesser als der Hochdruckzylinder der Verbundlokomotive. Es ist allerdings richtig, dafs diese Wechselventile bei großen Geschwindigkeiten dem Aufnehmerdampf zu viel Widerstand leisten und dies wäre in England mehr empfunden worden als anderswo. Wo aber die Zylinderdurchmesser beschränkt sind, ist eine derartige Aufahrvorrichtung allein angebracht. Nach dem

Digitized by Google

sonst so günstigen Verhalten der Verbundlokomotiven auf der North-Eastern R. hätte sich wenigstens ein Versuch empfohlen. Allein, wie bereits bemerkt, mit dem Rücktritt Thomas W. Worsdells war das Zeitalter der Verbundlokomotive auf der North-

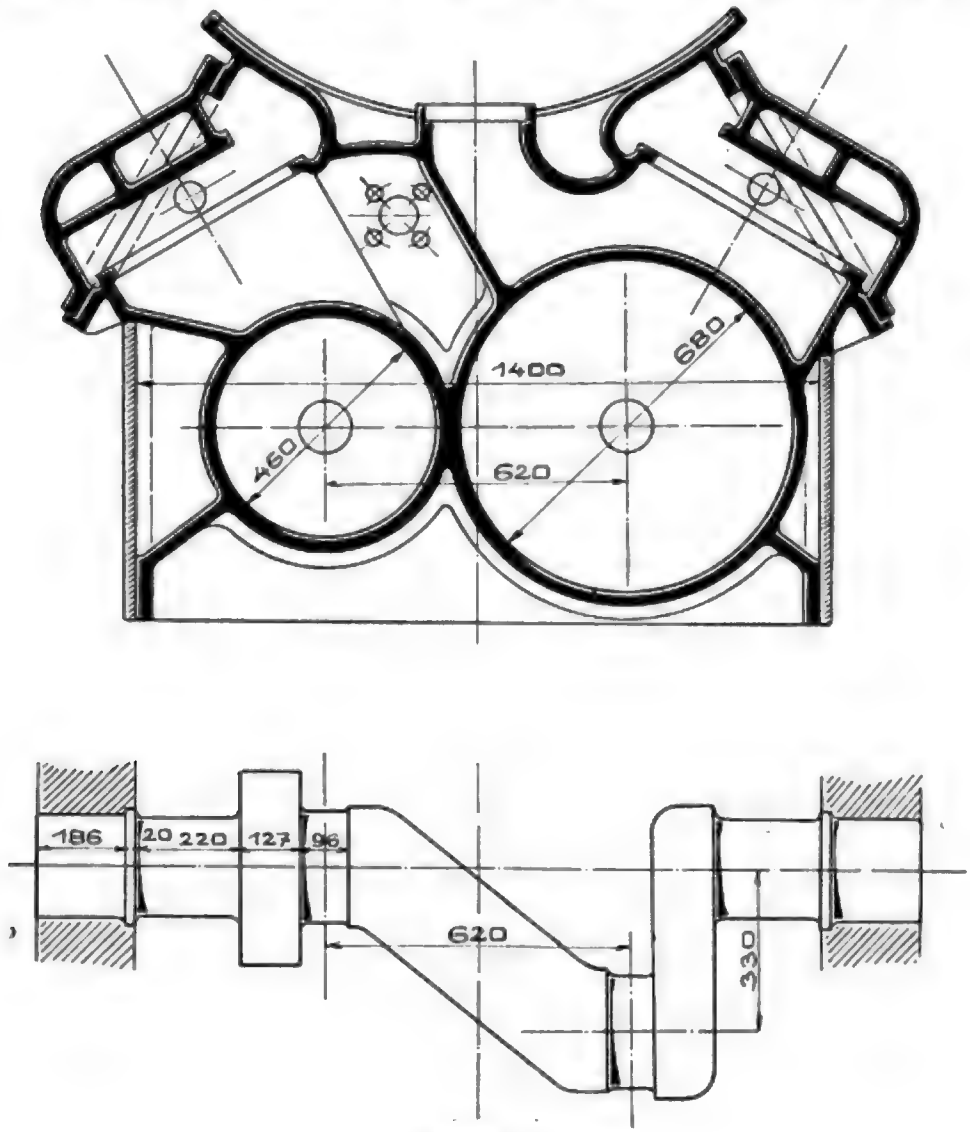


Fig. 18.

Eastern R. erloschen. Allmählich wurden die Lokomotiven wieder in Zwillingslokomotiven umgebaut. Die wenigen Verbundlokomotiven, welche aber bisher noch nicht umgebaut sind, haben ihre ursprüngliche Form genau beibehalten. Keine Verbesserung, kein Fortschritt hat platzgegriffen. Es ist sonderbar, dafs der erfinderische Geist der englischen Fachleute auf diesem Gebiet so unfruchtbar war. Man wird aber nicht fehl-

Digitized by Google

gehen, wenn man dies einer geringen Volkstümlichkeit der Verbundlokomotive in England zuschreibt, welche vielleicht die unsymetrische zweizylindrige Bauart[1]) noch weniger als eine andere genießt. Es mangelt aber auch an hochgebildeten Maschineningenieuren, welche das Wesen der Verbundmaschine ebenso vollkommen beherrschen würden als das der Lokomotive im allgemeinen. Das Wertvollste für die weitere Ausgestaltung einer Bauart sind Versuche. Die Ergebnisse derselben müssen aber sorgfältig zergliedert und studiert werden, um Fingerzeige für erfolgreiche Abänderungen zu erhalten. Für solche Arbeiten ist aber neben praktischen Erfahrungen ein vollkommenes theoretisches Wissen auf diesem Gebiete nötig, das indessen bei den englischen Fachleuten des Eisenbahnmaschinenwesens nur selten der Fall ist. Aber auch Hochschulen und wissenschaftlich hochstehende Fachvereine bringen der Sache kein solches Interesse entgegen als etwa in Nordamerika oder in Deutschland.

Seit einiger Zeit bereitet sich aber doch ein Umschwung vor. Bekanntlich stehen heute die englischen Schnellzüge hinter den amerikanischen und französischen an Geschwindigkeit zurück.[2]) Seit Jahren hat man in England Schwierigkeiten, bei Beibehaltung der bestehenden Fahrzeiten die stets wachsenden Zuglasten zu befördern. Die Beschaffung leistungsfähigerer Lokomotiven wird um so dringender, als viele Strecken bereits äußerste Verkehrsdichten aufweisen. Man hat bisher die gewöhnlichsten und einfachsten Mittel gewählt, größere Lokomotivleistungen zu erhalten, indem man Kessel, Zylinder und Reibungsgewicht allmählich vergrößert hat. Bei dem beschränkten englischen Lichtraumprofil kann man bei $^3/_4$ gekuppelten Lokomotiven den Rost nicht leicht über die Kuppelachse legen, sondern mufs die Büchse zwischen Trieb und Kuppelachse unterbringen. Dadurch ist die Rostlänge sehr beschränkt. Obwohl man den Radstand zwischen Trieb und Kuppelachse schon auf 3048 mm gebracht hat ($^2/_4$ gekuppelte Schnellzuglokomotive der London and South-Western R.) ist wegen der beschränkten Rostbreite nur eine Rostfläche von 1,98 m² erzielt worden. Man hat daher auch schon die Atlantic-Bauart herangezogen, um bei der Ausbildung des Rostes weniger beschränkt zu sein. ($^2/_5$ gekuppelte Schnellzuglokomotiven der Great-Northern and Yorkshire R. mit 2,48 beziehungsweise 2,42 m² Rostfläche). Auch mit dem Dampfdruck ist man allmählich hinaufgerückt und hat bereits an einer größeren Anzahl Zwillingslokomotiven 200 Pfund pr. Quadratzoll = 14 07 kg/cm² erreicht. Höher wird man für Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung kaum gehen, es ist fraglich, ob nicht schon die günstigste Grenze überschritten ist. Die hohen Drücke sind übrigens bereits nur gewählt, um bei besonders ungünstigen Verhältnissen eine Art Reserve zu bilden. Auch die Vorteile eines großen Wasserraumes im Kessel nützt man bereits aus, um vorübergehende Überanstrengungen des Kessels zu ermöglichen. In Bezug auf

---

[1]) Dafs die zweizylindrige Verbundlokomotive in Nordamerika neuerdings weniger zur Anwendung kommt, hängt mit den bedeutenden Reibungsgewichten amerikanischer Lokomotiven zusammen. Letztere verlangen so große Zugkräfte, dafs die Niederdruckzylinder innerhalb der Umgrenzungslinie nicht mehr untergebracht werden können. Man zieht da die Vierzylinderlokomotiven Bauart Vauclain oder die Tandemanordnung vor.

[2]) Es war dies im Sommer 1902 ganz besonders der Fall, seither ist bereits eine merkbare Besserung eingetreten.

Vergrößerung des Reibungsgewichtes ist man in England allerdings weniger beschränkt und kommen Achsdrücke von 18 bis 20 t auch bei 2fach gekuppelten Lokomotiven vor. Es sind aber hauptsächlich die ungenügenden Kesselleistungen, welche den Lokomotivbauern Schwierigkeiten verursachen, und welche vornehmlich bei dem Befahren langer, wenn auch nicht starker Steigungen empfunden werden. Die geringe Heiz- und Rostfläche bei großem Wasser- und Dampfraum ist immer eine Eigenheit des englischen Lokomotivkessels gewesen. Dieser Mangel wurde teilweise durch die Güte der Kohle ausgeglichen. Die Vergrößerung der Heizfläche allein ist weniger erfolgreich. Die Annahme der Atlantic-Bauart, wie in Amerika in größerem Maßstab, ist in England vorläufig unwahrscheinlich, da die $^3/_4$ gekuppelte Bauart sehr beliebt ist und eine Vergrößerung des Lokomotivgewichtes kaum ratsam erscheint.

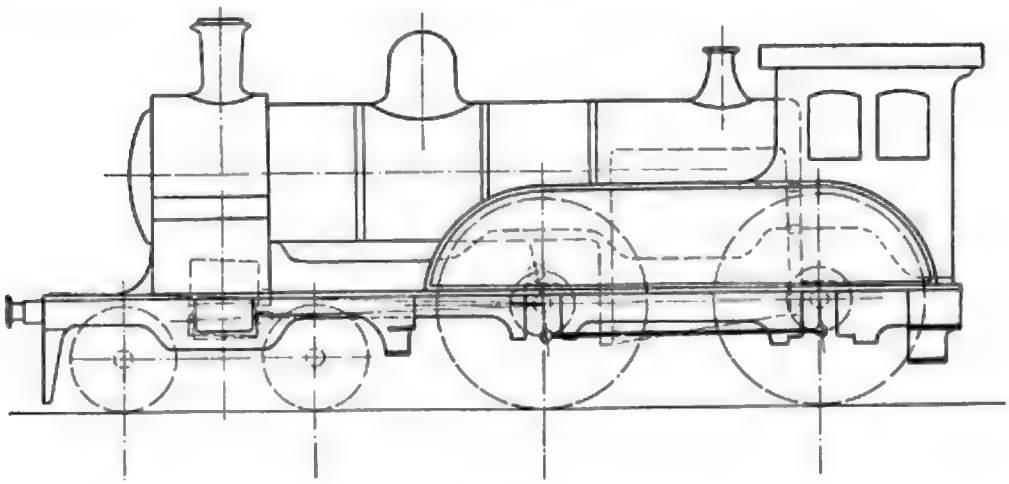


Fig. 19.

Man will aber um jeden Preis die Leistung der $^3/_4$ gekuppelten Lokomotiven verbessern. Außer den verschiedenen, schon angeführten Verbesserungen kommt noch der Einbau von Wasserrohren in die Feuerbüchse und endlich neuerdings die Rückkehr zur Verbundwirkung. Die Mehrleistung, welche diese Bauart gerade bei höheren Geschwindigkeiten gewährleistet und der geringe Wasserverbrauch sind gegenwärtig die Beweggründe zur Wiederaufnahme von Versuchen mit Verbundlokomotiven auf mehreren englischen Bahnen. Daſs die Frage des Wasserverbrauchs hier ebenfalls in Betracht kommt, mag vielleicht verwundern. Allerdings hat man auf den meisten englischen Hauptlinien Wassertröge in entsprechenden Entfernungen gelegt, um Aufenthalte zu vermeiden und mit mäßigen Tendergewichten auszukommen. Tröge und Tender waren aber für geringe Leistungen eingerichtet und reichen heute nicht mehr aus. Eine Verlängerung der Tröge ging nicht überall an, zudem haben einige Bahnen überhaupt keine Tröge, da früher die Tenderräume bis zur nächsten Maschinenwechselstation reichten. So war man gezwungen, immer neue schwere Tender zu bauen, bis man heute solche von 18 bis 20 m^3 Wasserraum nötig hat. Das war auch ein Um-

Digitized by Google

stand, der mithalf, die ungekuppelte Lokomotive zurückzusetzen, denn die ohnehin keine Zugkraft dieser Lokomotive wird durch einen rund 40 t wiegenden Tender zu sehr geschwächt.

Verbundlokomotiven neuerer Bauart.

North-Eastern R. Als Wilson Worsdell 1893 die erste größere Neubeschaffung von Lokomotiven durchführte, wurden von 20 $^2/_4$ gekuppelten Lokomotiven nur eine als Verbundlokomotive in der Bauart seines Bruders ausgeführt. Diese Lokomotive No. 1619 erhielt die gleichen Dampfzylinder wie die im Jahre 1889 ausgeführten $^1/_4$ gekuppelten Schnellzuglokomotiven (Fig. 19). Die Anordnung der Anfahrvorrichtung, Aufnehmer- und Schieberkästen war ebenfalls die gleiche. Statt der Joysteuerung kam wieder die einfachere Stephensonsche Steuerung mit offenen Stangen in Verwendung und waren der Einfachheit wegen auch die Schieberhübe beider Seiten gleich. Die Die Hauptabmessungen der Lokomotive No. 1619 waren folgende:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	508	mm
- - Niederdruckzylinders	710	-
Hub beider Kolben	660	-
Durchmesser der Triebräder	2159	-
- - Laufräder	1032	-
Radstand des Drehgestells	1981	-
- der Trieb- und Kuppelräder	2819	-
Gesamter Radstand	7163	-
Anzahl der Feuerrohre	225	
Durchmesser der Feuerrohre	44	mm
Länge - -	3610	-
Heizfläche - -	113,33	m²
- - Feuerbüchse	11,32	-
Gesamte Heizfläche	124,65	-
Rostfläche	1,81	-
Kesseldruck	12,67	-
Gewicht auf den Drehgestellachsen	17,88	t
- - der Triebachse	19,20	-
- - - Kuppelachse	15,14	-
Reibungsgewicht	34,34	-
Gesamtes Dienstgewicht	52,22	-
Gewicht des dienstfähigen Tenders	42,80	-

Die gleichzeitig fertig gestellten Zwillingslokomotiven sind um beiläufig 1 t leichter und besitzen Zylinder von 483 mm Durchmesser. Die mittlere Zugkraft für eine Umdrehung stellt sich beim Anfahren für die Verbundlokomotive auf:

$$Z_a = \frac{0{,}86 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = 8595 \text{ kg},$$

für die Zwillingslokomotiven auf:

$$Z_a = \frac{0{,}85 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = 8584 \text{ kg}.$$

Digitized by Google

Die Dampfzylinderdurchmesser der Verbundlokomotive waren also sehr sorgfältig für eine gleichwertige Anzugkraft berechnet. Die Verbundlokomotive wurde ausschließlich auf der Strecke Newcastle—Edinburgh vor den schottischen Expreſszügen im Gewicht von 190 bis 210 t verwendet. Die mittlere fahrplanmäßige Geschwindigkeit derselben betrug 78 bis 80,5 km-Stunde. Die Strecke enthält kürzere Steigungen von 10,4 bis 12,8 ‰ und längere von 4 bis 6 ‰. In einem zehnmonatlichen Betrieb ergab die Verbundlokomotive einen Verbrauch von 8,56 kg für ein Zugkilometer. Zehn gleichwertige Zwillingslokomotiven mit gleich hohem Dampfdruck ergaben im Mittel im durchaus gleichen Dienst einen Verbrauch von 9,33 kg Kohle für ein Zugkilometer. Der Gewinn zu gunsten der Verbundlokomotive beträgt demnach 9 %. Die Verbundlokomotive soll nach Berichten der Bahningenieure selbst sich durchaus bewährt haben und mitunter ganz bedeutende Verspätungen durch rasches Fahren eingebracht haben. Dennoch wurden weitere Lokomotiven mit Verbundwirkung nicht gebaut. Die gleichzeitig mit der Verbundlokomotive fertiggestellten Zwillingslokomotiven erhielten bald nachher Zylinder mit 495 mm statt 482 mm Durchmesser. Es scheint also die ohnehin große Zugkraft nicht befriedigt zu haben und blieb die Verbundlokomotive natürlich in Bezug auf Anfahrzugkraft etwas gegen die umgebauten Zwillingslokomotiven zurück. An der Lokomotive No. 1619 wurde übrigens nichts weiter geändert oder verbessert, wahrscheinlich weil seit dem Scheiden Thomas Worsdells niemand das Verbundsystem entsprechend schätzte und beherrschte. Dagegen wurde alsbald der Umbau von Verbundlokomotiven in Zwillingslokomotiven begonnen und so eifrig fortgesetzt, daſs heute von 395 Verbundlokomotiven Bauart Thomas Worsdell höchstens noch einige ¼ gekuppelte Lokomotiven übrig sind. Wenn man über die Gründe dieses umfangreichen Umbaues nachfragt, erhält man die Auskunft, daſs dringend eine Vergrößerung der Leistung aller Lokomotiven notwendig wurde, und daſs man bei Beibehaltung der Verbundwirkung diese hätte nicht erreichen können, weil man die notwendigen Zylinderdurchmesser nicht mehr untergebracht hätte. Daſs dies teilweise der Fall war, wurde bereits weiter oben festgestellt, daſs aber auch durch weitere Ausbildung der Anfahrvorrichtung und der Steuerungen eine Steigerung der Anfahrzugkraft würde erreicht werden können, steht fest. Auf jeden Fall bedeutet der Umbau zu Zwillingslokomotiven einen Rückschritt und wird die Mehrleistung der Verbundlokomotive bei hohen Geschwindigkeiten nur durch einen größeren Kessel und entsprechenden Mehrverbrauch an Brennstoff und Wasser ausgeglichen werden können.

Indessen sah man nach mehrjähriger Pause doch wieder die Notwendigkeit ein, die Verbundwirkung im Auge zu behalten und 1898 wurde die vorhin beschriebene Lokomotive No. 1619 nach einer neuen dreizylindrigen Bauweise umgebaut. Dieselbe bestand in der Anordnung von zwei außerhalb der Rahmen liegenden Niederdruck- und einen innerhalb der Rahmen liegenden Hochdruckzylinder, deren Kolben eine Triebachse gemeinsam betreiben. Jeder Dampfzylinder besitzt seine eigene vollkommene Umsteuerung. Diese Bauart ist von Walter M. Smith in New-Castle upon Tyne erdacht und auch patentiert[1]). Smith ist auch der Erfinder der in England eingeführten

[1]) Patent No. 662 578 vom 6. Jänner 1899.

Digitized by Google

Kolbenschieber an Lokomotiven und der hierbei in Anwendung kommenden Luftsauge- und Dampfventile. Smith hat als Ingenieur der North-Eastern R. im Jahre 1897 mit 5 verschiedenen Lokomotiven dieser Bahn vergleichende Versuche vorgenommen, welche zu den vollkommensten gehören, welche je angestellt wurden [1]). Weiter hat Smith eine Reihe von Versuchen mit in Feuerbüchsen eingebauten Wasserrohren vorgenommen, welche günstig ausgefallen sind. Man kann daher erwarten, dafs Smiths Verbundbauart zweckentsprechend und der englischen Betriebsart angemessen ist. Aussicht auf weitere Verbreitung ist vorhanden, weil einer Vergrößerung der Dampfzylinder keine Schwierigkeiten entgegentreten und allen für Lokomotiven in Frage kommenden Verhältnissen aufs beste entsprochen werden kann. Aber auch der Umstand, dafs die Bauart eine englische Erfindung ist, verspricht ihr Erfolg. Nachdem über Dreizylinderlokomotiven wenig bekannt geworden ist, sei es vielleicht angebracht, hier einiges über solche zu sagen.

Dreizylindrige Verbundlokomotiven mit zwei Niederdruckzylindern und gekuppelten Achsen haben gegenüber der Bauart mit zwei Zylindern den für englische Bahnen wichtigen Vorteil, dafs die Dampfzylinder so geringe Durchmesser erhalten, dafs sie leicht innerhalb der Umgrenzungslinie untergebracht werden können. Ferner ist vorteilhaft, dafs die Arbeitsverteilung auf Hoch- und Niederdruckzylinder nicht gleich sein mufs und dafs verhältnismäßig einfache Anfahrvorrichtungen in Verwendung kommen können. Gegenüber Verbundlokomotiven mit vier Zylindern hat die dreizylindrige Bauart den Vorteil größerer Einfachheit und Billigkeit. Statt vier kommen doch nur drei Maschinen zur Anwendung, insbesondere dürfte die nur einfach gekröpfte Triebachse und die ganze symmetrische Anordnung der Lokomotive Anhänger finden.

Bezüglich der Gleichmäßigkeit der Umfangskräfte spielt die Anordnung der Kurbelwinkel eine entscheidende Rolle.

Folgen die Kurbeln in Winkel von 120°, so erhält man so gleichmäßige Umfangskräfte wie bei keiner anderen Bauart. Selbst Vierzylinderlokomotiven erreichen nur ähnlich günstige Verhältnisse, wenn man die Maschinengruppen einander nicht in einen Winkel von 180°, sondern 140 bis 170° folgen läfst. Beim Anfahren sind diese günstigen Verhältnisse von besonderem Vorteil, es ist nur nötig, die Lokomotive mit einer Anfahrvorrichtung zu versehen, welche dem Hochdruckzylinder gleich große Zugkraft gibt, wie jedem der beiden Niederdruckzylinder. Die kleinste mögliche Zugkraft beim ersten Anfahren stellt sich verhältnismäßig hoch, da bei Füllungen von mehr als 75% mindestens zwei Kolben anziehen. Aber auch die größten Umfangskräfte weichen von der mittleren nicht so weit ab als bei anderen Bauarten.

So günstig liegen die Verhältnisse nicht, wenn die Kurbeln der Niederdruckzylinder um 90° verstellt sind und die Kurbel des Hochdruckzylinders den Winkel von 270° halbiert. Diese Anordnung ist der Absicht entsprungen, den Niederdruckzylindern das Anfahren allein zu überlassen, um mit einer verhältnismäßig einfachen Anfahrvorrichtung auszukommen. Die Umfangskräfte verhalten sich beim Anfahren dann wie

[1]) Siehe „Engineering" 1898, II. 597.

bei einer Zwillingslokomotive. Bei reiner Verbundwirkung ist bei höheren Geschwindigkeiten je nach der Arbeitsverteilung und Füllung der Wechsel der Umfangskraft mehr oder weniger günstig als bei Zwillingslokomotiven. Bei großen Füllungen und geringer Geschwindigkeit sind bei dem Arbeiten aller drei Zylinder die Umfangskräfte ziemlich unregelmäßig. Bei Schiffmaschinen hat bekanntlich diese Kurbelstellung nur vereinzelt Anwendung gefunden, wogegen die Verstellung der Kurbeln unter 120° sehr bald allgemein beliebt wurde.

Von folgenden dreizylindrigen Verbundlokomotiven mit zwei Niederdruckzylindern sind Daten bekannt geworden:

Im Jahre 1889 baute die französische Nordbahn eine $^3/_4$ gekuppelte Lokomotive für Eilgüterzüge mit Kurbeln unter 90 und 135°.[1]) Der Hochdruckzylinder hatte einen eigentümlichen Doppelschieber für höchstens 62 % Füllung. Die Niederdruckzylinder hatten das Anfahren allein zu besorgen. Trotz dem günstigen Verhältnis der Zylinderrauminhalte von 1 : 2,08 und dem hohen Kesseldrucke von 14,0 kg/cm² waren die Ergebnisse ungünstig, weil eine unzweckmäßige Anfahrvorrichtung den großen Niederdruckzylindern nicht genug Dampf zuführte und der abgeschlossene Hochdruckkolben Gegendruck erzeugte. Bei höheren Geschwindigkeiten ergaben sich wegen zu kleinen Querschnitten der Dampfkanäle große Druckabfälle.

Im Jahre 1892 taucht die Bauart Klose auf der Württembergischen Staatsbahn auf. Alle drei Dampfzylinder besitzen den gleichen Durchmesser. Das Verhältnis der Zylinderräume ist daher 1 : 2,00. Die Kurbeln sind unter 120° verstellt. Für das Anfahren kann jeder Dampfzylinder mit Kesseldampf gespeist und mit eigenem Auspuff versehen werden. Die Umfangskräfte müssen beim Anfahren äußerst günstig sein, da die drei Kolben gleiche Zugkräfte geben. Höhere Dampfdrücke können indessen wegen des kleinen Zylinderraumverhältnisses nicht gut ausgenützt werden, umsomehr sämtliche Zylinder gleiche Füllungen erhalten. Die Bauart ist einfach, sie wurde an $^3/_4$ und $^5/_6$ gekuppelten Lokomotiven ausgeführt, hat jedoch weiter keine Verbreitung gefunden.

Als 1894 die Gotthardbahn Versuche mit $^3/_5$ gekuppelten Bergschnellzuglokomotiven anstellte, war als Versuchslokomotive neben einer vierzylindrigen Verbundlokomotive Bauart De Glehn eine dreizylindrige Verbundlokomotive nach einem Entwurf der Lokomotivfabrik Winterthur erbaut worden. Die Ergebnisse mit derselben waren nicht ungünstig. Das Verhältnis der Zylinderinhalte betrug 1 : 2,88. Leider war von vornherein für die Fahrt auf der Bergstrecke von der Anwendung voller Verbundwirkung abgesehen, so daſs das wirtschaftliche Ergebnis hinter der vierzylindrigen Lokomotive zurückbleiben mußte. Die Kurbeln waren unter 120° verstellt und wurde die Gleichmäſsigkeit der Umfangskräfte auf der Bergfahrt wiederholt festgestellt.

Als 1898 die Jura-Simplon-Bahn stärkere $^3/_4$ gekuppelte Gebirgsschnellzuglokomotiven benötigte, ohne daſs eine sonderliche Steigerung des Eigengewichtes erwünscht war, schlug die Lokomotivbauanstalt Winterthur wieder die dreizylindrige Verbundbauart vor. Die Kurbeln waren ebenfalls unter 120° verstellt. Das Verhältnis der Zylinderinhalte betrug 1 : 2,33, der Kesseldruck 14 kg/cm². Für das Anfahren er-

[1]) Bauart Sauvage.

halten die Niederdruckzylinder durch ein selbsttätiges Umschaltventil Bauart Borries Kesseldampf von verminderter Spannung und der Hochdruckzylinder eigenen Auspuff. Trotz der beschränkten Abmessungen der Lokomotive sind die Leistungen so hervorragend, dafs die Jura-Simplon-Bahn bereits 60 Stück Lokomotiven derselben Bauart besitzt.

Bemerkenswert sind die dreizylindrigen Verbundlokomotiven, welche von der Lokomotivfabrik der österreichischen Staatseisenbahn-Gesellschaft in Wien ausgeführt wurden.

Im Jahre 1892 wurde eine $^3/_3$ gekuppelte Verbundlokomotive für die österreichische Staatseisenbahn-Gesellschaft gebaut, welche zwei außerhalb der Rahmen liegende Niederdruckzylinder und einen innerhalb derselben liegenden Hochdruckzylinder mit getrennten und selbständig verstellbaren Steuerungen besaß. Sämtliche Zylinder wirkten auf die 2. Achse. Die Kurbeln der Niederdruckzylinder waren um 90°, die des Hochdruckzylinders gegen erstere um 135° verstellt. Für das Anfahren ist ein Schieber vorhanden, welcher den Schieberkasten des Hochdruckzylinders mit dem Aufnehmer zu verbinden vermag und so Frischdampf den Niederdruckzylindern zuführt. Dieser Schieber ist mit der Hochdrucksteuerung zwangläufig verbunden und tritt in Wirksamkeit, so bald die Füllung im Hochdruckzylinder 50 % überschreitet. Es sind ferner im Hochdruckzylinder zwei Überströmventile (Rücklaufventile) so eingebaut, dafs auf keiner Seite des Hochdruckkolbens ein kleinerer Druck als im Aufnehmer herrschen kann, da außerdem der unterhalb des Hochdruckzylinders liegende große Schieber sich vom Spiegel abzuheben vermag, leistet der Hochdruckkolben während des Anfahrens keinen schädlichen Gegendruck, da er beiderseits von Hochdruckdampf umgeben ist. Die Niederdruckkolben bewirken das Anfahren allein. Während der Verbundwirkung hat es sich günstig gezeigt, die Steuerung der Niederdruckzylinder andauernd auf einen größeren Füllungsgrad einzustellen und die jeweilig nötige Leistung durch die Veränderung der Füllung am Hochdruckzylinder zu erzielen. Das Zylinderraumverhältnis beträgt 1 : 2,53, der Kesseldruck 12 kg/cm². Die Lokomotive befindet sich zur Zeit im Besitz der königl. ungarischen Staatsbahnen.

Eine zweite Verbundlokomotive gleicher Zylinderanordnung wurde im Jahre 1897 für die österreichische Staatseisenbahngesellschaft gebaut. Es ist eine $^2/_4$ gekuppelte Schnellzuglokomotive von bedeutenden Abmessungen. Statt Anfahrschieber und Überströmventilen ist ein größerer Gitterschieber, welcher gleichzeitig die Verbindung zwischen den Schieberkasten des Hochdruckzylinders, dem Aufnehmer und beiden Seiten des Hochdruckkolbens während des Anfahrens sichert, vorhanden. Alle drei Zylinder betreiben die erste Kuppelachse. Der Kesseldruck beträgt 13 kg/cm², das Verhältnis der Zylinderräume ist 1 : 2,28.

Nachdem es sich bei den vorgenannten Lokomotiven herausstellte, dafs in allen Fällen, selbst bei den größten Leistungen, für welche die Zwillingswirkung nötigenfalls zu Hilfe genommen werden sollte, die Verbundwirkung vorteilhafter war als die Zwillingswirkung, wurde bei der folgenden Lokomotive auf die Zwillingswirkung ganz verzichtet und die Kurbeln unter 120° verstellt. Die nur für das erste Anfahren in Betracht kommende Anfahrvorrichtung wurde in den Regler verlegt, so dafs beim

Öffnen desselben Hochdruckdampf nicht nur in den Schieberkasten des Hochdruckzylinders, sondern auch in den Verbinder gelangt. Beim weiteren Öffnen des Reglers

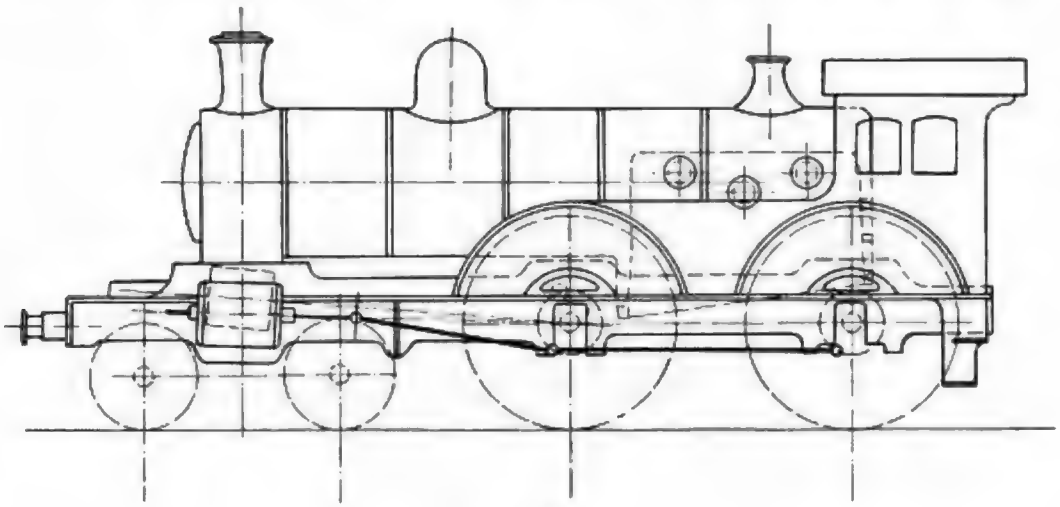


Fig. 20.

Fig. 21.

schließen sich wieder die Kanäle, welche den Hochdruckdampf dem Verbinder zuführen. Diese Anordnung kommt bei einer sehr kräftigen $^3/_4$ gekuppelten Verbundlokomotive der Außig-Teplitzer Eisenbahn in Anwendung, welche der weiter oben beschriebenen Lokomotive der Jura-Simplon-Bahn ähnlich ist. Der Hochdruckzylinder

betreibt die erste, die Niederdruckzylinder betreiben die zweite Kuppelachse. Der Kesseldruck beträgt 13,0 kg/cm², das Verhältnis der Zylinderrauminhalte ist 1 : 2,55. Die Steuerungen sind getrennt verstellbar.

Es wurden hier die österreichischen Formen dreizylindriger Verbundlokomotiven eingehender besprochen, da sie sehr ähnliche Anordnungen zeigen wie die Bauart Smith, welche in England als ganz neu hingestellt wird.

Die Kurbelwinkel der Lokomotiven Bauart Smith betragen zwischen den Hochdruckkurbeln 90°, zwischen diesen und der Niederdruckkurbel 135°. Alle drei Kolben betreiben eine Achse. Die Anfahrvorrichtung ist sehr einfach. Sie besteht aus einem vom Führer beliebig regelbaren Druckverminderungsventil, welches so große Abmessungen besitzt, dafs größere Dampfmengen dem Verbinder zugeführt werden können. Um den Gegendruck auf den Hochdruckzylinder zu vermeiden, sind zwei Umlaufventile (Return-valves) in die Einströmkanäle des Hochdruckzylinders eingebaut, welche sich gegen letzteren öffnen, sobald im Verbinder ein höherer Druck herrscht als auf einer Kolbenseite des Hochdruckzylinders. Dadurch ist jede Gegenwirkung dieses Kolbens aufgehoben, er schwimmt tatsächlich im Dampf. Wird dem Aufnehmer Dampf von geringerer Spannung als der Kesselspannung zugeführt, so leistet der Hochdruckkolben bereits ebenfalls Arbeit. Der von demselben in den Aufnehmer gelieferte Dampf wirkt nochmals in den Niederdruckzylindern. Diese zweifache Wirkung nennt der Erbauer „Halbverbund“ (Semicompound). Die reine Verbundwirkung tritt endlich ein, wenn dem Aufnehmer Kesseldampf nicht mehr zugeführt wird; dann leistet der Hochdruckkolben auch seine voll ihm zukommende Arbeit. Diese drei Wirkungsweisen können ohne weiteres ineinander übergehen und soll die Anzugkraft mit der „Halbverbundwirkung“ so günstig sein, dafs auf die Anwendung der Zwillingswirkung fafst immer verzichtet werden kann.

Eigentümlich ist an der Bauart ferner die Anwendung eines Kolbenschiebers für den Hochdruckzylinder nach Bauart des Erfinders, welcher unterhalb des Dampfzylinders liegt, und die Benutzung der zwischen den Dampfzylindern liegenden Räume als Aufnehmer gestattet, so dafs der Dampf kurze Wege mit weiten Querschnitten zu passieren hat.

Die im Jahre 1898 umgebaute Lokomotive der North-Eastern R. No. 1615 (Fig. 20 und 21) besitzt die beschriebene Bauart, außerdem einen neuen größeren Kessel mit längerer Feuerbüchse und in dieselbe eingebaute Wasserrohre Bauart Smith. Die Hauptabmessungen dieser Lokomotive waren folgende:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	483	mm
Hub des Hochdruckzylinders	660	-
Durchmesser der Niederdruckzylinder	508	-
Hub der Niederdruckzylinder	610	-
Durchmesser der Triebräder	2165	-
- - Laufräder	1098	-
Gesamter Radstand	7162	-
Radstand der Triebachsen	2819	-
- - Drehgestellachsen	1981	-

Digitized by Google

Durchmesser des Zylinderkessels im Mittel . .	1372 mm
Anzahl der Feuerrohre	234
Länge - -	3330 mm
Durchmesser der Feuerrohre	44,5 -
Heizfläche der Rohre	108,82 m²
- - Wasserrohre in der Feuerbüchse	3,17 -
Gesamte Heizfläche	123,01 -
- Rostfläche	2,14 -
Kesseldruck	14,06 kg/cm²
Gewicht auf dem Drehgestell	17,78 t
Reibungsgewicht	36,07 -
Gesamtes Dienstgewicht	53,85 -
Gewicht des Tenders mit vollen Vorräten . .	41,60 -

Das Verhältnis der Zylinderrauminhalte beträgt nur 2,04. Da indefs die schädlichen Räume der Niederdruckzylinder größer zu sein scheinen als die des Hochdruckzylinders dürfte das wirksame Verhältnis günstiger als obiger Wert erscheinen. Aus welchem Grund der Hochdruckkolben einen größeren Hub als die beiden Niederdruckkolben erhielt, wo gerade letztere das Anfahren hauptsächlich zu besorgen haben, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden. Das Umgekehrte wäre aus diesem Grunde und zur Erzielung eines größeren Zylinderraumverhältnisses angezeigter gewesen.

Bei reiner Zwillingswirkung, d. h. wenn Kesseldampf mit voller Spannung in den Aufnehmer gelangt, ergibt sich im Mittel für eine Radumdrehung

$$Z_a = \frac{0{,}85 \cdot d^2 \cdot p \cdot h}{D} = 9729 \text{ kg}$$

Zugkraft. Dieselbe ist unverhältnismäßig groß und wird daher auch kaum zur Anwendung kommen.

Bei reiner Verbundwirkung beträgt die Zugkraft

$$Z_v = \frac{0{,}549 \cdot d^2 \cdot p \cdot h}{D} = 5557 \text{ kg.}$$

Dieselbe nützt das Reibungsgewicht nach Berücksichtigung der Maschinenreibung mit 0,10 noch mit 138 kg/t aus. Alle zwischen 5557 und 9729 kg liegenden Zugkräfte können mit der Halbverbundwirkung erreicht werden und zwar nach Willkür des Führers. Da übrigens eine größere Zugkraft als 7000 kg von der Lokomotive kaum gefordert werden kann, kommt die reine Zwillingswirkung höchstens für die ersten Sekunden des Anfahrens in Betracht. Die Lokomotive „1619“ hatte durch längere Zeit den schweren Schnellzugdienst zwischen Newcastle und Edinburgh zu verrichten. Auf der 200,36 km langen Strecke kommen längere Steigungen von 5 bis 5,8 ‰ und eine kurze Steigung von 12,8 ‰ vor. Die regelmäßige Fahrzeit entspricht einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 76,04 km/Stunde. Wegen Verspätungen am Ausgangspunkt mufste häufig schneller gefahren werden und sind hier einige mittlere Fahrgeschwindigkeiten samt den beförderten Zuggewichten (ohne Lokomotive und Tender) angeführt:

Digitized by Google

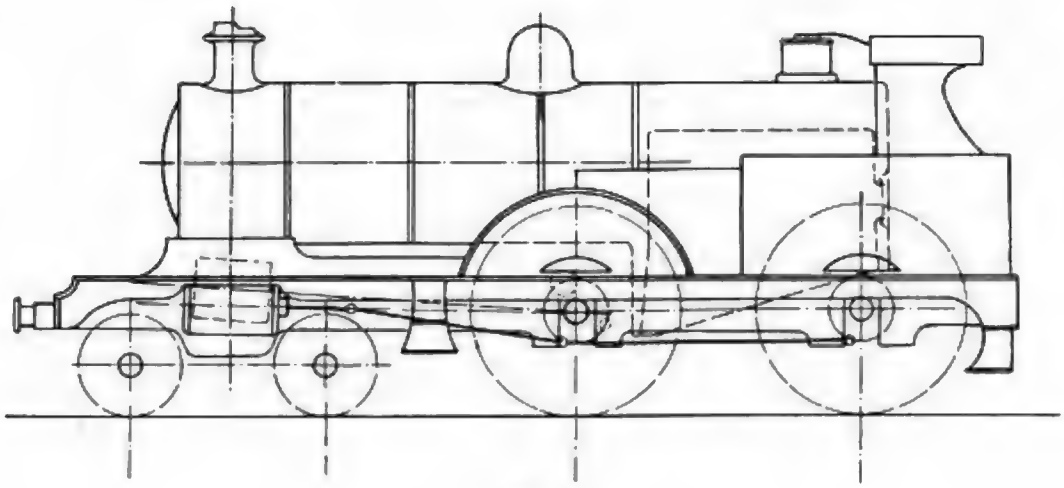


Fig. 22.

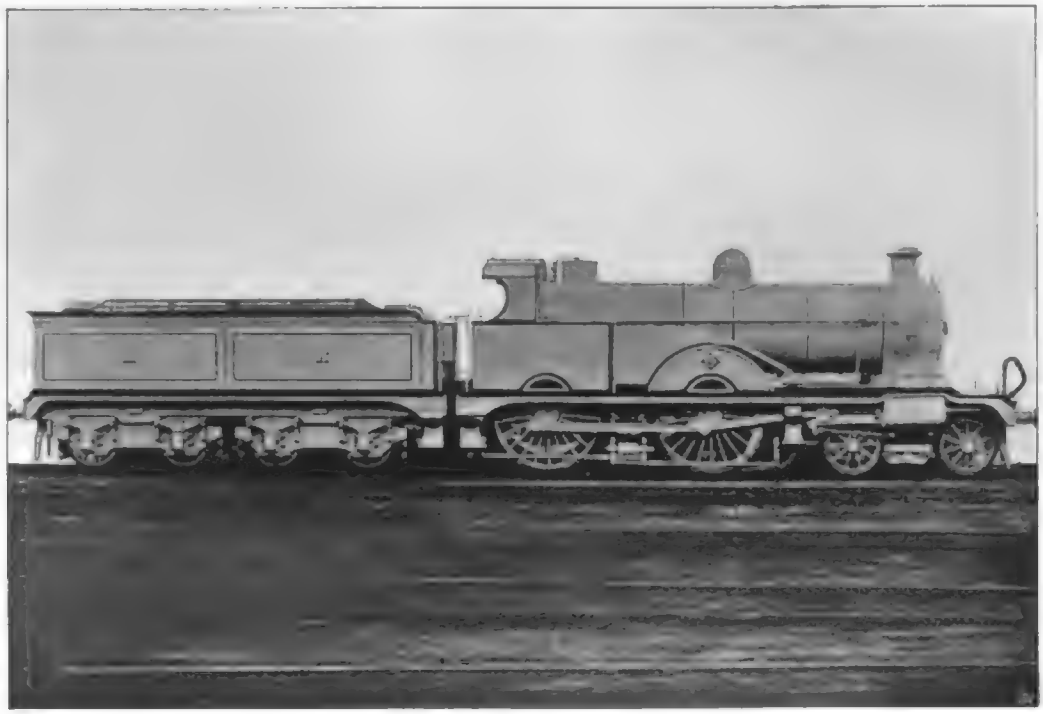


Fig. 23.

Digitized by Google

378,0 t	. . . .	77,81 km/Stunde
359,7 -	. . . .	78,85 -
268,2 -	. . . .	86,50 -
349,5 -	. . . .	82,93 -

Für 15 Fahrten ergab sich eine mittlere Belastung von 323,1 t und 80,47 km/Stunde Fahrgeschwindigkeit. Die mittlere Leistung stellt sich nach Angaben von W. M. Smith auf 815 P.S. Vom 28. August bis 31. Dezember 1898 wurden von der Lokomotive 33 683 km zurückgelegt und 1172 Minuten eingebracht. Es wurde besonders hervorgehoben, dafs die Lokomotive mit leichten Zügen ebensolche Wirtschaftlichkeit in Bezug auf Kohlen und Wasserverbrauch aufwies als mit schweren. Das Anfahren ging stets rasch von statten und brauchte zur Zwillingswirkung niemals, zur Halbverbundwirkung nur kurze Zeit übergegangen werden. Die Lokomotive eignete sich daher auch gut für Züge mit häufigen Aufenthalten. Angaben über Kohlen und Wasserverbrauch sind indessen nicht bekannt geworden.

Die Lokomotive No. 1619 steht noch gegenwärtig auf der North-Eastern R. im Dienst. Weitere Lokomotiven dieser Bauart wurden nicht beschafft. Dagegen ist zur Zeit eine $^2/_5$ gekuppelte vierzylindrige Verbundlokomotive für die North-Eastern R. im Bau, von welcher weiter unten noch die Rede sein wird.

Noch erfolgreicher erscheinen die beiden $^2/_4$ gekuppelten Schnellzuglokomotiven Bauart W. M. Smith der Midland R. No. 2631 und 2632 (Fig. 22 und 23). Dieselben wurden im Herbst 1902 fertiggestellt und sind hauptsächlich für die ungünstige Strecke Leeds-Carlisle bestimmt, welche anhaltende Steigungen von 10 ‰ aufweist. Bemerkenswert ist an den Lokomotiven das grofse Reibungsgewicht und die bedeutende Rostfläche. Die Hauptabmessungen sind folgende:

Durchmesser des Hochdruckzylinders	. . . . .	483 mm
- der Niederdruckzylinder	. . . . .	533 -
Hub aller Kolben	. . . . .	660 -
Durchmesser der Triebräder	. . . . .	2134 -
- - Laufräder	. . . . .	1079 -
Radstand der Triebräder	. . . . .	2896 -
- des Drehgestells	. . . . .	1981 -
Gesamter Radstand	. . . . .	7392 -
Feuerrohre: Anzahl	. . . . .	261
Feuerrohre: Durchmesser	. . . . .	44,5 mm
Feuerrohre: Länge	. . . . .	3651 -
Feuerrohre: Heizfläche	. . . . .	134,52 m²
Heizfläche der Feuerbüchse	. . . . .	13,93 -
Gesamte Heizfläche	. . . . .	148,45 -
Rostfläche	. . . . .	2,42 -
Kesseldruck	. . . . .	13,73 kg/cm²
Gewicht am Drehgestell	. . . . .	20,07 t
- der Triebachse	. . . . .	19,80 -
- - Kuppelachse	. . . . .	19,61 -

Digitized by Google

Gesamtes Dienstgewicht	60,47 kg/cm²
Reibungsgewicht	39,50 -
Gewicht des Tenders mit vollen Vorräten	53,47 -

Die Bauart der Zylinder und der Anfahrvorrichtung ist wesentlich dieselbe wie bei der Lokomotive No. 1619 der North-Eastern R. Der Hub aller drei Kolben ist gleich und beträgt das Verhältnis der Cylinderinhalte 1 : 2,44, was als günstig bezeichnet werden mufs. Für reine Zwillingswirkung ergibt sich die bedeutende Zugkraft von

$$Z_z = \frac{0{,}96 \cdot d^2 \cdot p \cdot h}{D} = 11116 \text{ kg}.$$

Für reine Verbundwirkung stellt sich die mittlere Zugkraft für eine Radumdrehung auf

$$Z_v = \frac{0{,}543 \cdot p \cdot d^2 \cdot h}{D} = 6545 \text{ kg}.$$

Alle zwischen diesen Zugkräften liegenden Werte lassen sich durch die Halbverbundwirkung erreichen. Eigentümlich sind die Füllungsverhältnisse der Dampfzylinder. Die größten gleichzeitigen Füllungen sind im Hochdruckzylinder 69, in den Niederdruckzylindern 78 %. Die Füllung von 68 % wird allen drei Zylindern gleichzeitig erteilt. Bei kleineren Füllungen erhält der Hochdruckzylinder größere Füllungen als die Niederdruckzylinder. Zusammengehörige Füllungsgrade sind 65 und 60, 60 und 53,5, 55 und 48 %. Infolge dieser Anordnung bleiben auch die Leistungen der Niederdruckkolben hinter dem Hochdruckkolben bedeutend zurück. Gesamtleistung und Wirtschaftlichkeit würde sich vergrößern, wenn die Füllungen der Niederdruckzylinder vergrößert würden.[1]) In der Zeitschrift „Engineering" 1903 I sind eine Reihe von Ergebnissen mit der Lokomotive No. 2631 wiedergegeben. Aus den dort angeführten Leistungen und den beschriebenen Fahrten geht hervor, dafs im Beharrungszustand im Mittel folgende Geschwindigkeiten mit einem Zug von 252 t (359 t Gesamtgewicht) eingehalten werden konnten:

10,0 ‰	60 km/Stunde
7,5 -	71 -
5,0 -	82 -
2,5 -	95 -
0,0 -	110 -

Es wurden Züge von 263,5 t noch mit mittleren Geschwindigkeiten von 78 bis 84 km/Stunde auf der ungünstigen Strecke Carlisle—Leeds befördert, welche in der einen Richtung eine 22, in der anderen eine 25 km lange Steigung von 9 bis 10‰ aufweist. Nach den Indikator-Schaulinien und den oben angeführten Leistungen stellt sich die Arbeitsleistung etwa folgendermaßen:

---

[1]) Seither wurden an diesen Lokomotiven getrennt verstellbare Steuerungen mit Erfolg versucht.

Digitized by Google

Fahrgeschwindigkeit km/Stunde	Leistung PS.
50	890
60	950
70	1000
80	1045
90	1085
100	1115

Auch hier zeigt sich, dafs die Leistungen für die höheren Fahrgeschwindigkeiten zu groß ausfallen, wenn man die Werte der französischen Nordbahn zur Berechnung der Widerstände verwendet. Die englischen Fahrbetriebsmittel scheinen einen geringeren Widerstand zu bieten. Vielleicht hängt dieser Umstand mit dem steiferen Oberbau, vielleicht auch mit dem geringen Querschnitt der englischen Fahrzeuge zusammen, wodurch der Luftwiderstand ermäßigt wird.

Die Leistungen auf den Steigungen sind ungewöhnlich hoch zu nennen, umsomehr gerade die großen Durchschnittsgeschwindigkeiten der englischen Schnellzüge hauptsächlich durch besonders rasche Talfahrten und Einhalten einer gleichmäßigen Geschwindigkeit auf ebenen Strecken erzielt wird, während selbst schwache Steigungen mit mäßigen Geschwindigkeiten überwunden werden. Die Lokomotive ist aber auch eine gute Schnelläuferin. Auf der Talfahrt werden wiederholt durch 20 bis 25 km Geschwindigkeiten von 128 bis 135 km/Stunde eingehalten. Ohne Zweifel wird die Midland R. weitere Versuche mit diesen Lokomotiven durchführen und insbesondere Vergleiche über Kohlen- und Wasserverbrauch gegenüber ganz ähnlichen Zwillingslokomotiven anstellen, welche erst kürzlich in den Dienst gestellt wurden. Man wird aber gut tun, nicht die Verbrauchsziffern allein zu betrachten, sondern die Leistungen auch auf das Lokomotivgewicht zu beziehen. Bei soweit günstiger Anlage der Bauart Smith ist nicht zu zweifeln, dafs gerade bei höheren Fahrgeschwindigkeiten weit größere Leistungen erzielt werden können als die Zwillingslokomotiven mit gleich großen Kesseln erzielen. Eine letzterer Lokomotiven besitzt versuchsweise Rippenrohre Bauart Serve. Die Midland R. scheint ernstliche Bestrebungen zu hegen, die Leistungsfähigkeit ihrer Lokomotiven zu steigern. Vorläufig ist es schwierig, über die Zukunft der Bauart Smith etwas vorherzusagen.[1]) Auf jeden Fall ist diese durchaus eigenartige Neuerung im englischen Lokomotivbau im Wesen glücklich gewählt und zu weiterer Ausbildung und Verbesserung geeignet.

Neueste vierzylindrige Verbundlokomotiven.

Seit Sommer 1901 besitzt die Lancashire and Southshire R. eine vierzylindrige Verbundlokomotive, welche aus einer älteren $^2/_4$ gekuppelten Zwillingslokomotive umgebaut wurde (Fig. 24). Der erste Maschineningenieur dieser Bahn ist H. A. Hoy, nach dessen Plänen der Umbau vorgenommen wurde.

[1]) W. M. Smith hat neuerdings ein Patent auf eine viergliedrige Verbundlokomotive genommen.

Digitized by Google

Die Lancashire and Yorkshire R. unterhält zwischen den Städten Liverpool, Manchester, Leeds, Preston, Southport usw. einen sehr regen Schnellzugverkehr. Von besonderer Bedeutung für diese Bahn ist die Anteilnahme an dem äußerst lebhaften Personenverkehr zwischen den beiden erstgenannten Städten. Außer der Lancashire and Yorkshire R. nehmen noch zwei Eisenbahnen an demselben teil, welche stets bestrebt sind, durch Beschleunigung der Züge, Verbesserung des Komforts in den Wagen

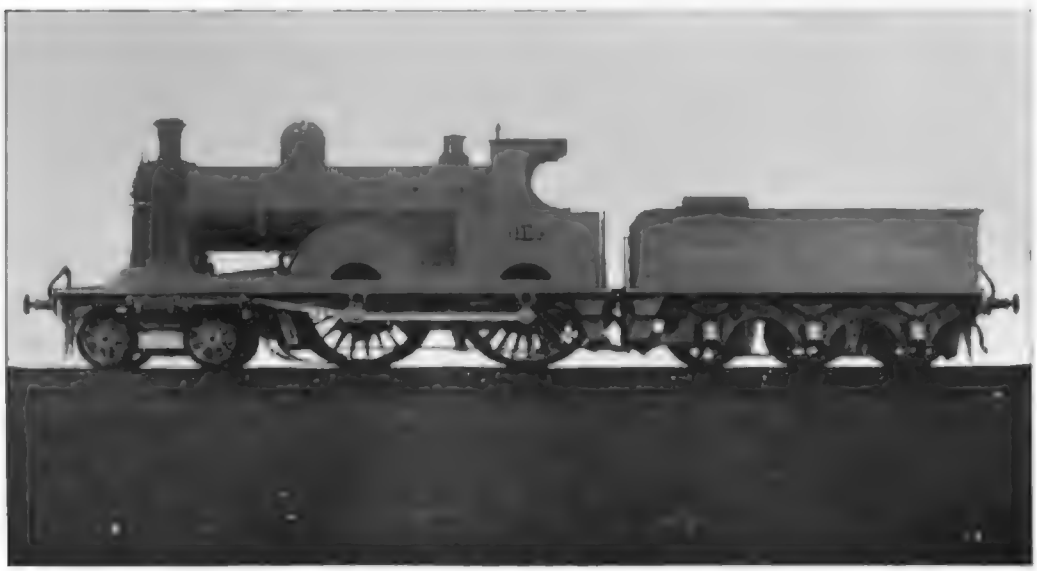


Fig. 24.

und Ermäßigung der Fahrgebühren die Fahrgäste an sich zu ziehen. Die Strecke Liverpool—Manchester der Lancashire and Yorkshire R. ist nur 58,74 km lang, jedoch in Bezug auf die Steigungsverhältnisse ungünstig, da eine große Zahl von Steigungen und Gefällen bis zu 12,5 ‰ vorkommen. Zur Zeit wird diese Strecke in 40 Minuten zurückgelegt, was 88,10 km/Stunde entspricht.[1]) 29 Schnellzüge verkehren nach dieser Fahrzeit täglich und außerdem noch eine Anzahl Erforderniszüge. Die Aufgabe, welche hierbei den Lokomotiven gestellt wird, ist eine ganz hervorragende. Um obige mittlere Fahrgeschwindigkeit zu erreichen, muß zeitweise mit 130 km/Stunde gefahren werden. Bis Sommer 1899 genügten $^2/_4$ gekuppelte Schnellzuglokomotiven mit Drehgestell. Dieselben hatten Triebräder von 2210 mm Durchmesser, Dampfzylinder von 660 mm Hub und 483 mm Durchmesser. Das gesamte Dienstgewicht war 45,3 t, das Reibungsgewicht 31,4 t. Um dem scharfen Wettbewerb leichter zu widerstehen, baute der damalige erste Maschineningenieur dieser Bahn J. A. F. Aspinall eine überaus starke $^2/_3$ gekuppelte Lokomotive, welche auch zur Zeit noch die stärkste Schnellzuglokomotive in England sein dürfte. Die Abmessungen der Räder und Dampfzylinder waren gleich wie bei der

[1]) Sommer 1903.

eben erwähnten Bauart, dagegen war die Rostfläche von 1,72 auf 2,42 m², die Heizfläche von 112,9 auf 190,6 m² vergrößert worden. Das gesamte Dienstgewicht betrug 59,60 t, das Reibungsgewicht 35,56 t. Die Dampfzylinder waren mit Dampfmänteln versehen. Da diese starke Lokomotive, welche samt Tender 90,8 t wiegt, häufig nicht ausgenützt wird, hat man es versucht, die ältere $^2/_4$ gekuppelte Bauart zu verbessern, um mit ihr die leichteren Züge mit höherer Fahrgeschwindigkeit zu befördern. Die Verbesserung besteht in der Anordnung der Verbundwirkung und Erhöhung des Dampfdruckes auf 14,06 kg/cm². Die Verbundbauart ist der Webb'schen, beziehungsweise Strong'schen ähnlich, d. h. die Hochdruckzylinder liegen außerhalb, die Niederdruckzylinder innerhalb der Rahmen in einer Reihe unter der Rauchkammer, sämtliche Schubstangen betreiben eine Achse. Die von den Schubstangen der Niederdruckmaschinen angetriebenen Joysteuerungen betreiben je einen Hoch- und Niederdruckschieber gemeinsam. Der Hub der Niederdruckkolben ist größer als derjenige der Hochdruckkolben, wodurch trotz beschränkte Zylinderdurchmesser das günstige Verhältnis der Zylinderinhalte von 1 : 2,03 erreicht wurde, welches nicht nur eine günstige Ausnützung des hohen Kesseldrucks sichert, sondern auch den Nachteil gleicher Füllungen in beiden Zylindern umgeht. Folgende sind die Hauptabmessungen der ersten Lokomotive dieser Bauart No. 1112.

Durchmesser des Hochdruckzylinders	321 mm
- - Niederdruckzylinders	549 -
Hub des Hochdruckkolbens	610 -
- - Niederdruckkolbens	660 -
Durchmesser der Triebräder	2210 -
- - Laufräder	927 -
Radstand der Triebräder	2616 -
- im Drehgestell	1676 -
- gesamter	6566 -
Anzahl der Feuerrohre	220
Durchmesser der Feuerrohre	45 mm
Heizfläche - -	103,0 m²
- - Feuerbüchse	10,0 -
Gesamte Heizfläche	113,0 -
Rostfläche	1,74 -
Kesseldruck	14,06 kg/cm²
Gewicht auf den Drehgestellachsen	16,10 t
- - der Triebachse	17,88 -
- - - Kuppelachse	14,33 -
Reibungsgewicht	32,71 -
Gesamtes Dienstgewicht	48,87 -
Gewicht des Tenders im Dienst	26,54 -

Angaben über die Steuerungen konnten leider nicht erlangt werden, auch ist bisher nichts über die Erfolge mit dieser Bauart bekannt geworden.

Digitized by Google

Zur Zeit ist eine große $^2/_3$ gekuppelte Schnellzuglokomotive der Atlantic-Bauart in Gateshead für die North-Eastern R. im Bau, welche mit Verbundwirkung versehen sein wird. Zwei Hochdruckzylinder von 381, zwei Niederdruckzylinder von 635 mm Durchmesser und je 610 mm Hub betreiben Räder von 2134 mm Durchmesser. Das Verhältnis der Zylinderrauminhalte stellt sich demnach auf 1 : 2,78. Der Kessel von besonders großen Abmessungen wird 217,5 m² Heizfläche enthalten. Der vierachsige Tender enthält 27,0 m³ Wasser und 8 t Kohle. Diese Lokomotive dürfte kommenden Sommer bereits im regelmäßigen Betrieb stehen und können ihre Leistungen mit Spannung erwartet werden. Ähnliche Lokomotiven, jedoch mit Zwillingszylindern, sind bereits 1903 in den Dienst gestellt worden.

Die Great-Western R. hat im Sommer 1903 von der elsässischen Maschinenfabrik in Belfort eine $^2/_3$gekuppelte Schnellzuglokomotive, Bauart de Glehn[1]), zu Versuchszwecken bezogen. Diese Lokomotive ist nach denselben Plänen gebaut wie die spätere Lieferung der $^2/_3$gekuppelten Schnellzuglokomotiven der französischen Nordbahn, welche wegen ihren hervorragenden Leistungen bei hohen Geschwindigkeiten allgemeine Aufmerksamkeit erregten. Die ersten beiden Lokomotiven dieser Bauart wurden im Sommer 1900 fertiggestellt. Eine davon war auch auf der Pariser Weltausstellung ausgestellt, während die andere Versuchsfahrten unternahm. Die französische Nordbahn konnte mit Hilfe dieser Lokomotiven bei Zugbelastungen bis zu 300 t mittlere Fahrgeschwindigkeiten von mehr als 100 km/St. erreichen, obwohl anhaltende Steigungen bis zu 5 ‰ in den befahrenen Strecken vorkommen. Auf wagerechter Strecke erreichten die Lokomotiven bei obiger Belastung 107, auf geringen Gefällen sogar 120 km/St. Bei Belastungen von 200 t konnten auf wagerechter Strecke sogar 116 bis 120 km/St. eingehalten werden. Im Sommerfahrplan 1902 waren folgende bemerkenswerten Züge enthalten, welche die französische Nordbahn zur schnellsten Bahn in Europa machten:

Paris—Amiens . .	131,6 km	in	77	Minuten,	das	ist	102,5	km/St.
Paris—Arras . . .	193,2 -	-	177	-	-	-	99.0	-
Paris—Longueau .	127,2 -	-	78	-	-	-	97,9	-

Die beiden ersten Züge sind (wahrscheinlich aus wirtschaftlichen Gründen) seither aufgelassen worden, der dritte besteht jedoch zur Zeit noch und ist der schnellste in Frankreich.

Auf verschiedenen Versuchsfahrten wurde mit diesen Lokomotiven eine Dauerleistung von 1400 PS. bei 100 bis 115 km/St. Fahrgeschwindigkeit festgestellt.[2])

Diese vorzüglichen Ergebnisse veranlafsten die Great Western R. in England eine Versuchslokomotive dieser Bauart aus Frankreich zu beziehen. Dieselbe, mit Namen „La France“ (Fig. 25), hat bereits eine große Zahl von Probefahrten ausgeführt und auch fahrplanmäßige Züge im Gewicht von 310 bis 370 t vorschriftsmäßig befördert. Mit ganzen Zügen wurden wiederholt auch schon Geschwindigkeiten bis zu 145 km/St. erreicht. Die Lokomotive wird namentlich im Gegenhalt zur $^2/_4$gekuppelten Zwillings-

[1]) Zur Zeit an mehr als 1000 Lokomotiven ausgeführt.
[2]) Siehe Revue générale des chemins de fer, Jahrg. 1900.

Digitized by Google

lokomotive der Great Western R. untersucht, welche für englische Verhältnisse bedeutende Abmessungen aufweist. Auch eine $^2/_5$gekuppelte Schnellzuglokomotive mit Zwillingswirkung ist zu Versuchszwecken von der Great-Western R. erbaut worden.

Fig. 25.

Die Hauptabmessungen der $^2/_5$gekuppelten Lokomotive, Bauart de Glehn, und der $^2/_4$gekuppelten Normallokomotive der Great-Western R. sind hier angeführt.

Art der Verkuppelung	$^2/_5$	$^2/_4$
Durchmesser der Hochdruckzylinder	340 mm	457 mm
- - Niederdruckzylinder	560 -	—
Hub der Kolben	640 -	660 -
Treibraddurchmesser	2040 -	2045 -
Durchmesser der Drehgestellräder	900 -	1118 -
- - hinteren Laufachse	1420 -	—
Achsstand der gekuppelten Achsen	2150 -	2591 -
- im Drehgestell	2100 -	1981 -
Gesamter Achsstand	8500 -	6858 -

Digitized by Google

Höhe der Kesselachse ab Schiene . .	2520 mm	2521 mm
Mittlerer Kesseldurchmesser	1456 -	1372 -
Zahl der Feuerrohre	126 (Rippenrohre)	277 (glatt)
Länge der Feuerrohre	4300 mm	3448 mm
Durchmesser der Feuerrohre (außen) .	70 -	44,5 -
Heizfläche der Rohre (wasserberührt) .	200,40 m²	142,90 m²
Gesamte Heizfläche - .	216,90 -	154,50 -
Rostfläche	2,74 -	1,99 -
Dampfdruck	16,00 kg/cm²	12,67 kg/cm²
Gesamtes Dienstgewicht	66,04 t	52,42 t
Gewicht am Drehgestell	17,48 t	18,28 t
Gewicht auf den gekuppelten Achsen .	35,06 t	34,14 t

Die Bauart de Glehn hat neuerdings in Deutschland mehrfach Anwendung gefunden. Sie nimmt auch an den soeben stattfindenden Versuchsfahrten auf der Probestrecke Marienfelde—Zossen teil. Die Pensilvanian R. in Nordamerika hat ebenfalls eine Lokomotive dieser Bauart in Frankreich bestellt. Nach all' dem kann man auf die Ergebnisse der Versuchsfahrten auf der Great-Western R. sehr gespannt sein. Es ist dies das erste Mal in England, dafs eine ausländische Lokomotive im Gegenhalt zu den heimischen untersucht wird.

Schlufsbemerkungen.

Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, dafs neuerdings in England allenthalben Versuche mit Verbundlokomotiven angestellt werden. Es sind durchaus Schnellzuglokomotiven; im Schnellbetrieb ist ja England seit einigen Jahren etwas zurückgeblieben. In diesem Zeitraum des Stillstandes ist es aber auch Frankreich und Deutschland gelungen, den Leistungen Englands nahe zu kommen, so dafs ein neuer Aufschwung des Schnellbetriebes in England nicht leicht werden wird. Schon vor Jahren warnte das englische Fachblatt „Engineering", als eben Deutschland im transatlantischen Verkehre England den Rang abgelaufen hatte: „Zur See sind wir geschlagen, seht zu, dafs wir nicht auch am Land geschlagen werden". Immer wieder wies dasselbe Fachblatt auf die ungenügende wissenschaftliche Vorbildung englischer Ingenieure hin. Als durch die Pariser Weltausstellung 1900 die englischen Eisenbahningenieure erkannten, welch' bedeutende Verbreitung die Verbundlokomotive am europäischen Festland gefunden hatte und bald darauf die großartigen bisher unerreichten Leistungen der neuen $^2/_5$ gekuppelten Verbundschnellzuglokomotiven Bauart De Glehn der französischen Nordbahn bekannt wurden, sah man die Notwendigkeit ein, die Verbundwirkung wieder zu Hilfe zu nehmen, um die Leistungsfähigkeit der englischen Lokomotiven zu steigern, umsomehr verschiedene andere Aushilfsmittel wenig oder keinen Erfolg brachten.

Aber nur die London and North-Western R. konnte eine bereits vorhandene Bauart weiter ausbilden und langjährige Erfahrungen benützen, alle übrigen Bahnen hatten nur die Wahl, eine bereits am Festland bewährte Bauart anzunehmen oder etwas

Digitized by Google

Neues zu erfinden. Ersterer Vorgang ist mit Rücksicht auf den englischen Nationalstolz kaum zu erwarten. Anderseits ist es unwahrscheinlich, dafs man bei der großen Zahl bestehender Bauarten rasch etwas Neues zu schaffen vermag, das allen Anforderungen entspricht, die an eine Lokomotive für besonders hohe Geschwindigkeiten gestellt werden müssen.

Jedenfalls hat die Bauart Webb Aussicht auf weitere Verbreitung, umsomehr sie, wie bereits weiter oben erörtert, noch ausbildungsfähig ist. Auch die Bauart Smith, welche trotz ihrer Jugend und geringen Verbreitung Aufmerksamkeit verdient, kann möglicherweise noch besondere Erfolge erringen. Ohne Zweifel kann nur eine vierzylindrige oder dreizylindrige Verbundlokomotive in Betracht kommen.

Die Bedingungen für einen Schnellbetrieb auf den Hauptbahnen sind in keinem anderen Land so vollkommen erfüllt, als in England. Die günstigen Neigungs- und Krümmungsverhältnisse, der schwere ungemein starke Oberbau, die ausgezeichneten Signalanlagen, keine oder wenig empfindliche behördliche Beschränkungen in Bezug auf die Fahrgeschwindigkeit, billige und gute Kohle sind Begünstigungen, welche den Betrieb besonders schneller Züge nicht nur ermöglichen, sondern auch wirtschaftlich sichern. Der ungeheuer rege Verkehr zwischen einer großen Anzahl Industriestädte bringt es mit sich, dafs das Publikum selbst an der Ausgestaltung des Schnellbetriebes regsten Anteil nimmt und insbesonders die Veränderungen von Fahrplänen der im Wettbewerb stehenden Eisenbahnen genau verfolgt. Man kann sagen, dafs die heutigen englischen Schnellzüge so rasch fahren, als die Lokomotiven mit halbwegs wirtschaftlichen Zuglasten eben noch vermögen. Wenn seit einigen Jahren eine größere Beschleunigung der Schnellzüge nicht durchgeführt werden konnte, so sind hieran allein die geringen Fortschritte schuldtragend, welche in den letzten Jahren im englischen Lokomotivbau zu verzeichnen sind. Die einfache Vergrößerung der Lokomotivabmessungen ist ein sehr beschränkter Fortschritt, der weder den thermischen noch maschinellen Wirkungsgrad der Lokomotive besonders zu steigern vermag.

Es ist nicht zu zweifeln, dafs nach Einführung der Verbundwirkung in einer glücklichen Form eine Vergrößerung der Fahrgeschwindigkeit auf allen Strecken möglich werden wird, wie man dies in Frankreich, Deutschland und Nordamerika[1]) beobachten konnte. Neben der Verbundwirkung wären aber auch Verbesserungen an den Steuerungen, die Dampfüberhitzung und hohe Dampfdrücke beachtenswert, die erst durch die Verbundwirkung voll zur Geltung gelangen. Da es scheint, als ob in den leitenden Kreisen der Eisenbahnen Englands hier und da die Sachlage endlich doch erkannt wird, und die Bestrebungen erwachen, die verlorene Vorherrschaft auf dem Gebiet des Lokomotivbaues wieder zu erringen, kann man auf die nächsten Formen und Erfahrungen im englischen Lokomotivbau gespannt sein.

---

[1]) Dafs in Österreich trotz der Einführung leistungsfähiger und sehr vollkommener Verbundlokomotiven in dieser Beziehung eine Verbesserung nicht erfolgte, hängt mit den veralteten, behördlich festgesetzten Geschwindigkeitsbeschränkungen zusammen, welche auf die Entwicklung des Schnellzugverkehrs hemmend einwirken.

Vielleicht bieten diese Mitteilungen auch für heimische Fachleute einiges Bemerkenswerte. In Deutschland hat die Verbundlokomotive früh die Beachtung gefunden, welche sie verdient. Die rasche, selbständige Entwicklung derselben ist der vollkommenen theoretischen Bildung der deutschen Maschineningenieure zuzuschreiben. Auch in Österreich hat heute die Verbundwirkung an Lokomotiven volle Verwertung gefunden, obwohl es lange währte, bis man eine große Anzahl Gegner von den Vorteilen dieser Bauart überzeugen konnte. Der große Aufschwung, welchen der österreichische Lokomotivbau in den letzten Jahren genommen hat, hängt damit innig zusammen.

Die beigedruckten Abbildungen von Lokomotiven sind nach Photographien der „Locomotive-Publishing Co.“ in London ausgeführt.

Über Kuppel- und räumliche Dachfachwerke.

Von Dipl. Ingenieur Dr. **Wilhelm Schlink**.
Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

§ 1. Einleitende Bemerkungen.

Die in den letzten Jahren viel erwähnte Zimmermannsche Kuppel ist aus der Forderung entstanden, eine Anordnung zu erhalten, bei welcher keine Kräfte senkrecht zur Mauerflucht wirken und die in die Mauerflucht fallenden Kräfte nicht an den Mauerecken angreifen. Es sind demnach feste Auflager vollständig ausgeschlossen, und außer den Flächenlagern sind nur solche Kurvenlager anwendbar, deren Gleitbahn senkrecht zur

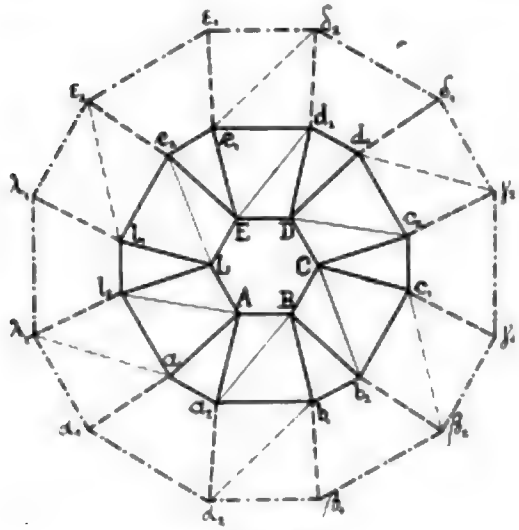


Fig. 1.

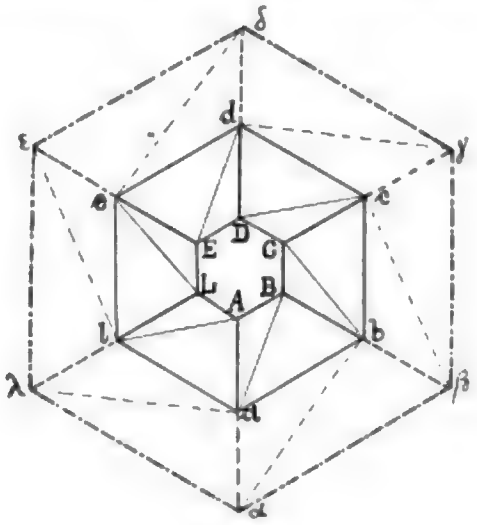


Fig. 2.

Mauerflucht läuft. Um eine n-seitige Kuppel zu erhalten, mufs der Unterring $2n$-Ecken besitzen, so dafs die Mantelstäbe in $2n$-Ebenen verteilt sind. Durch eine Auflagerung der $2n$-Knotenpunkte in n-Kurven- und n-Ebenenlagern entsteht ein stabiles Tragsystem. Da jedes Kurvenlager durch 2 Stützungsstäbe ersetzt werden kann, die in einer Ebene senkrecht zur Gleitbahn, im übrigen aber beliebig liegen, ein Ebenenlager durch einen Stützungsstab senkrecht zur Bewegungsebene, so sind zur Lagerung der Zimmermannschen Kuppel: $2n + n = 3n$ Stützungsstäbe erforderlich (Fig. 1)[1]). Schon vor der

[1]) Der Auflagerung in einer horizontalen Ebene entsprechend müfsten die Stützungsstäbe in senkrechten Ebenen liegen. In verschiedenen Abbildungen dieser Arbeit werden sie in geneigten Ebenen angenommen, um sie im Grundrifs darstellen zu können. Die gestrichelten Linien geben Stützungsstäbe an, die strichpunktierten Linien bedeuten die feste Erde (Erdfachwerke).

Digitized by Google

Zimmermannschen Kuppel waren solche bekannt, deren Auflagerung der ersten Bedingung entsprach. Es kann z. B. jede Schwedlerkuppel statt in festen Lagern in Kurvenlagern gestützt werden, indem man die Unterringstäbe einzieht (Fig. 2). Diese von Herrn Müller-Breslau angegebene Kuppel ist nur ein spezieller Fall der Zimmermannschen, indem die Abschrägungsstäbe zu Null werden. Die senkrechten Stützungsstäbe $a_1\,\alpha_1$ und $a_2\,\alpha_2$, bezw. $b_1\,\beta_1$ und $b_2\,\beta_2$ usw. fallen alsdann zusammen und liefern einen einzigen senkrechten Stützungsstab $a\,\alpha, b\,\beta \ldots$, während die Stäbe $b_1\,\alpha_2$. $c_1\,\beta_2 \ldots$ erhalten bleiben: $b\alpha$, $c\beta \ldots$

Günstiger wie die in Fig. 1 dargestellte Lagerung wäre eine solche, bei der die in Richtung der Mauerflucht fallende seitliche Lagerkraft in der Mitte der Stäbe $a_2\,b_1, b_2\,c_1, \ldots$ angreift. Und in dieser Weise führte auch tatsächlich Herr Zimmermann seine Kuppel aus: Da das Kurvenlager eine vertikale und eine horizontale Kraft darstellt, können beide getrennt werden, indem in $a_1, b_1 \ldots$ statt der Kurven- nur Ebenenlager, aber inmitten der Stäbe $a_2\,b_1, b_2\,c_1 \ldots$ Kurvenlager angeordnet werden; da sich diese letzteren Lager nicht in Knotenpunkten befinden, kann in diesen nur eine Kraft in Richtung des Stabes $a_2\,b_1, b_2\,c_1, \ldots$ übertragen werden. Es entsteht auf diese Weise eine Konstruktion, welche völlig symmetrisch ausgebildet ist (Fig. 3). Dieses System ist offenbar ein wesentlicher Fortschritt im Gebiet der Raumfachwerke, und besonders ist es das hervorragende Verdienst von Herrn Zimmermann, die neue Lageranordnung eingeführt zu haben. Der hierin ausgedrückte Gedanke läfst sich mit Vorteil für andere Systeme verwenden.

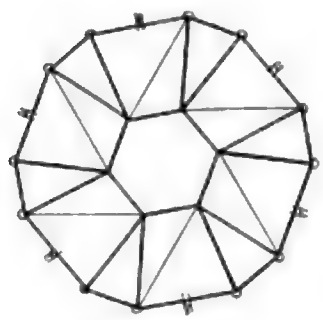


Fig. 3.

Zur Erhaltung einer n-seitigen Kuppel mufs der Unterring der Zimmermannschen Anordnung eine von der Grundrifsform des zu überdeckenden Raumes abweichende Gestalt erhalten, da die Ecken desselben abgeschnitten sind. Zur Überdeckung dieser abgeschrägten Teile sind besondere Konstruktionen nötig. Dieser Nachteil könnte umgangen werden, indem man die Schwedler-Kuppel mit Unterringstäben (Fig. 2) nach demselben Grundsatz stützt: an den Ecken Ebenenlager, in der Mitte der Unterringstäbe Kurvenlager anordnet. Es wären hierfür $2n$-Lager erforderlich, während die Zimmermannsche Kuppel deren $3n$ bedarf.

Diese Kuppelformen haben die Eigentümlichkeit, dafs die Kurvenlager unter freien Stäben, also nicht in Knotenpunkten liegen, sodafs sich dieselben an einer auf Biegung beanspruchten Stelle befinden. Es wäre jedenfalls eine solche Kuppel zweckmäfsiger, welche alle Vorteile der Zimmermannschen aufweist, aber die Kurvenlager in wirklichen Knotenpunkten besitzt, so dafs das erweiterte System[1]) ein übersichtliches Fachwerk darstellt. Dazu kommt, dafs es in vielen Fällen erwünscht ist, in gröfseren Feldern einen oder mehrere Zwischenpunkte zu erhalten; und das geschieht am einfachsten und natürlichsten durch Knotenpunkte, die dem System selbst angehören.

[1]) Vergl. Henneberg und Schlink, Zeitschr. für Arch. u. Ingenieure. 1903. S. 158–178. — Schlink, ebenda S. 398–414.

Digitized by Google

Die in dieser Arbeit beschriebenen räumlichen Dachfachwerke weisen die Vorteile der Zimmermannschen Kuppel auf und vermeiden die erwähnten Mängel.

§ 2. Die Grundform der Kuppeln.

Jede Kuppel, einerlei von welcher Form, kann in solcher Weise gelagert werden, dafs nur Ebenen- und Kurvenlager auftreten. Es geht dies daraus hervor, dafs man nach Ersatz der Auflager durch Stützungsstäbe alle möglichen Stabvertauschungen zwischen diesen und Kuppelstäben vornehmen kann.

Als Grundform einer offenen Kuppel kann ein Stabsystem angesehen werden, das von einem oberen und unteren Ring (mit m-, bezw. n-Knotenpunkten) und dazwischen von einem Mantel begrenzt ist, der aus lauter Stabdreiecken besteht (Fig. 4). Eine geschlossene Kuppel besitzt entweder

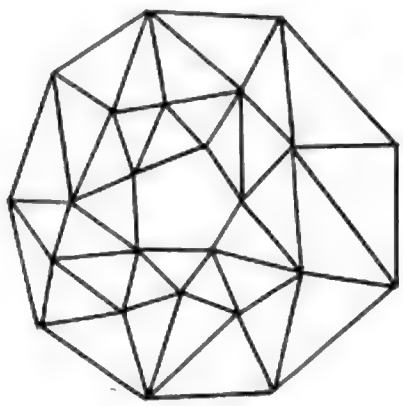


Fig. 4.

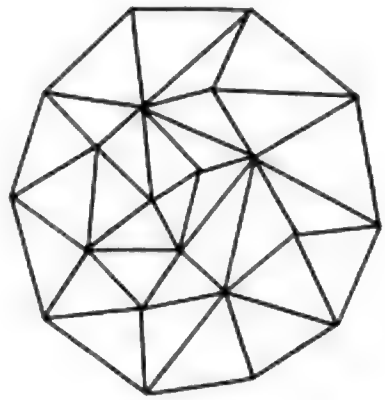


Fig. 5.

einen oberen Ring mit $(m-3)$ Diagonalstäben, oder es ist der ganze Mantel oberhalb des unteren Ringes von einem Dreiecksystem umschlossen (Fig. 5). Wie im übrigen die Anordnung der Stäbe des Mantels ist, hat keine Bedeutung; die Ringstäbe brauchen nicht in einer Ebene zu liegen. Ein derartiges, freies System ist nicht starr, es wird vielmehr erst durch entsprechende Lagerung stabil. Hierzu sind für die offene Kuppel $(m+n)$ Stützungsstäbe erforderlich, also m-Kurvenlager und $(n-m)$ Ebenenlager, für die geschlossene Kuppel $(m+3)$ Stützungsstäbe, bezw. 3 Kurvenlager und $(n-3)$ Ebenenlager[1]). Im allgemeinen können natürlich noch einzelne Stäbe im Kuppelmantel (Flechtwerk) gegen Stützungsstäbe vertauscht werden, d. h. für jeden fortgenommenen Stab tritt an die Stelle eines Ebenenlagers ein Kurvenlager.

Die Hauptform einer eingeschossigen Kuppel ist demnach durch Fig. 6 gegeben. Alle bisher bekannten Kuppeln sind spezielle Fälle von derselben, so auch die von Herrn Zimmermann angegebene allgemeine Form, bei welcher der Unterring doppelt

[1]) Schlink, Über räumliche Dachfachwerke. Zeitschr. f. Arch. u. Ingenieurw. 1904.

soviel Knotenpunkte, wie der obere Ring, besitzt. Ist die Kuppel geschlossen (also sind z. B. zwischen die Knotenpunkte des Oberrings $(m-3)$ Stäbe eingezogen), so ist es nicht nötig, dafs die Oberringstäbe alle verschiedene Richtung haben, sondern es können eine Anzahl derselben in dieselbe Gerade fallen, wie dies z. B. Fig. 7 für ein rechteckiges Dachsystem darstellt, dessen Mantel aus 4 Feldern besteht, die aber in den

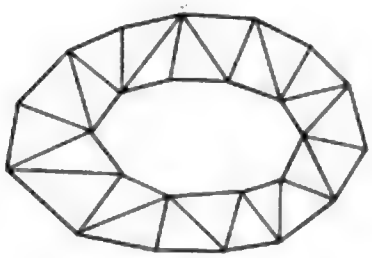


Fig. 6.

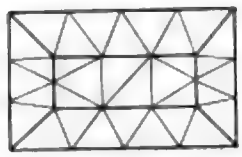


Fig. 7.

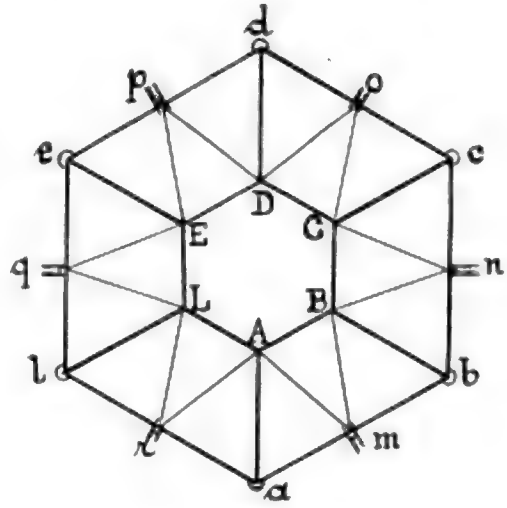


Fig. 8.

Ringstäben beliebig viele Knotenpunkte enthalten[1]). Eine Spezialisierung dieses Systems liefert die gewünschte Kuppel. Es möge zunächst auf die symmetrische, eingeschossige Kuppelform eingegangen werden, um alsdann die mehrgeschossigen Kuppeln und allgemeinen Dachsysteme zu betrachten und schliefslich die Berechnung von offenen und geschlossenen Systemen anzugeben.

§ 3. Die eingeschossige offene Kuppel.

Die äufsere Form dieser speziellen, eingeschossigen Kuppel stimmt mit der Schwedlerschen insofern überein, als der untere Ring gerade so viel wirkliche Ecken besitzt, wie der obere (Fig. 8). Zwischen den Eckpunkten $a, b, \ldots e, l$ befindet sich aber je ein weiterer Knotenpunkt $m, n, \ldots r$, der dadurch entsteht, dafs der Unterring in 2 Stäbe zerfällt und in den Zusammenstofspunkt 2 Diagonalen einmünden, so dafs die Teilung jeden Feldes mit der von Herrn Föppl angegebenen Netzwerkteilung übereinstimmt. Während also die Schwedler-Kuppel in jedem Felde nur 1 Diagonale besitzt, hat die hier beschriebene deren 2. In den wirklichen Knotenpunkten $a, b, \ldots$ ist die Kuppel

[1]) Der hier verwendete Begriff des Flechtwerks rührt von Herrn Föppl her; derselbe gibt in seinem grundlegenden Werke: „Das Fachwerk im Raume" bereits Kuppeln an, welche inmitten der ebenen Felder Knotenpunkte erhalten, so dafs die sich aus den angeführten Betrachtungen ergebenden Systeme bezgl. des Kuppelmantels mit diesen übereinstimmen. Hier wird nun besonderer Wert auf die Stützungsverhältnisse gelegt, deren allgemeine Angabe mir neu zu sein scheint.

in (m) Ebenenlagern gestützt, in den Zwischenpunkten $n, n, \ldots$ in $(n-m)$ Kurvenlagern, deren Gleitbahn senkrecht zur Mauerflucht gerichtet ist, so dafs in dieser Richtung keine Seitenkraft auftreten kann, und die in Mauerrichtung fallende Horizontalkomponente inmitten der Mauer angreift.

Dieses Kuppelsystem unterscheidet sich schon im äußeren wesentlich von dem Zimmermannschen. Die Konstruktion ist einfacher durchzuführen, da die Stäbe des Mantels nur in n Ebenen verteilt sind, gegenüber $2n$; ferner fällt die besondere Konstruktion zur Überdeckung der abgeschnittenen Teile fort. Die Kurvenlager befinden sich in wirklichen Knotenpunkten, durch welche neue Stützpunkte für die Bedeckungskonstruktion gewonnen und die langen Stäbe vermieden werden; schliefslich beträgt die Gesamtzahl der Lager $2n$ gegenüber $3n$ bei der praktischsten Ausführung der Zimmermannschen Kuppel.

Die Zahl der Stäbe in beiden Systemen ist dieselbe. Wenn aus irgendwelchen Rücksichten der untere Ring doppelt soviel Ecken besitzen soll, wie der obere, ist die von Herrn Zimmermann angegebene Form die naturgemäße. Man kann aber alsdann ebenso wie in obiger Kuppel in den Trapezfeldern statt einer Diagonale deren 2 anwenden, erhält dadurch auf dem Unterringstab einen neuen Knotenpunkt, der auf dem Kurvenlager aufruht[1]). Selbstverständlich ist bei diesen Formen nicht nötig, dafs der neue Knotenpunkt gerade in der Mitte des Unterringstabes liegt, doch ist es für die Spannungsverteilung das beste. Fällt in der Kuppel Fig. 7 der Zwischenpunkt mit einem Eckpunkt zusammen, so entsteht die Schwedler-Kuppel mit Unterringstäben, die in Kurvenlagern gestützt ist.

Das beschriebene System besitzt sicher die richtige Anzahl von Stäben, denn das in § 2 angegebene Gesetz ist allgemein gültig: $(n-m) = 12-6 = 6$ Ebenenlager und $m = 6$ Kurvenlager. Diese Bedingung allein liefert allerdings noch nicht den Stabilitätsnachweis, wohl aber genügt es bei einem System von $3n-6$ Stäben zu zeigen, dafs für eine einzige, beliebig gewählte Belastung die Spannungen eindeutig bestimmt und nicht unendlich groß sind[2]).

Es ist zum Stabilitätsnachweis nicht nötig, zu beweisen, dafs das System mit $(3n-6)$ Stäben für alle möglichen Belastungen statisch bestimmt ist, sondern nur, dafs für irgend einen ganz beliebigen Belastungsfall die Spannung in keinem Stabe unendlich groß oder vieldeutig wird. Dafs dieses richtig ist, ergibt sich aus der allgemeinen Theorie der Determinanten. Herr Föppl hat nachgewiesen, dafs bei einem stabilen System eine bestimmte Determinante D von Null verschieden sein mufs, und dafs dieselbe übereinstimmt mit derjenigen, welche für die statische Bestimmtheit des Systems maßgebend ist[3]). Für die m-Spannungen $S_1 \ldots S_m$ läfst sich ein System von $m = 3n-6$ Gleichungen aufstellen, welche als Koeffizienten der Unbekannten S nur die Richtungswinkel der Stäbe, als

---

[1]) Schlink, Über räumliche Dachfachwerke. Zeitschr. f. Architektur und Ingenieurw. 1904.

[2]) Henneberg, Über die Entwicklung und die Hauptaufgabe der Theorie der einfachen Fachwerke. Jahresbericht der Deutschen Mathematikervereinigung. 1894.

[3]) Föppl, Das Fachwerk im Raume. Leipzig 1892. S. 29.

absolute Größen auf der rechten Seite die Komponenten der äußeren Kräfte enthalten. Irgend eine Unbekannte, z. B. S_i ist bestimmt durch:

$$S_i = \frac{D_i'}{D},$$

wenn D die Determinante des Systems angibt, D_i' eine solche, welche sich von D nur dadurch unterscheidet, dafs an die Stelle der Kolonne, welche die Koeffizienten der S_i enthält, die Kolonne der absoluten Glieder tritt. Die Stabspannung kann nur dann einen eindeutigen, endlichen Wert besitzen, wenn: $D \gtrless 0$ ist. Verschwindet aber D, so ist entweder die Stabspannung unendlich groß (wenn nämlich $D_i' \gtrless 0$), oder sie ist vieldeutig $= \frac{0}{0}$ (wenn $D_i' = 0$ ist).

In der Determinante D treten nur solche Größen auf, welche von der Belastung unabhängig sind, also der Wert der Determinante hat mit der Art der Belastung gar nichts zu tun; d. h. wenn für irgend eine ganz beliebige Belastung die Determinante D verschwindet, so verschwindet sie überhaupt für jede Belastung. Sobald also für irgend ein Lastensystem die Determinante $D = 0$ ist, so sind Spannungen unendlich groß oder vieldeutig; und umgekehrt gilt naturgemäß: Wenn für irgend eine Belastung die Spannung in irgend einem Stabe vieldeutig oder unendlich groß wird, dann ist die Determinante $D = 0$, und das Stabsystem hat für keinen einzigen Belastungsfall lauter eindeutige und endliche Spannungen, ist also sicher nicht statisch bestimmt. Da nun bei einem labilen System stets $D = 0$ sein mufs, so ist ein System nicht stabil, so ferne für irgend eine Belastung vieldeutige oder unendlich große Spannungen auftreten und umgekehrt. Also um zu erkennen, ob ein Stabsystem stabil, hat man nur für einen einzigen, ganz beliebig gewählten Belastungsfall nachzusehen, ob die Spannungen eindeutige und endliche Werte besitzen.

Werden alle äußere Kräfte zu Null angenommen, so gehen die m nichthomogene Gleichungen in m homogene über. Die Determinante D mufs wiederum von Null verschieden sein, wenn das System stabil sein soll; wenn aber $D \gtrless 0$, dann können die Gleichungen nur nebeneinander bestehen, wenn die Unbekannten $S_1 \ldots S_m$ den Wert Null besitzen. Also: sind keine Lasten vorhanden, so müssen alle Stäbe bei einem stabilen System spannungslos sein.

Um zu erkennen, dafs dies bei der vorliegenden Kuppel der Fall, kann man zunächst die Spannungen einiger Stäbe als bekannt annehmen, so dafs diejenigen der anderen durch diese ausgedrückt werden können, und sieht nach, ob sich die nötigen Bedingungen aufstellen lassen, aus denen sich die angenommenen Spannungen zu Null ergeben. Es werden die Spannungen der Stäbe $L\,A$, $A\,B$, $B\,C \ldots E\,L$ (Fig. 9) mit S_1, $S_2 \ldots S_6$ eingeführt. Durch S_1 und S_2 sind die Spannungen in $A\,r$, $A\,a$, $A\,m$ bestimmt, hierdurch diejenigen in $a\,r$, $a\,a$, $a\,m$. Ebenso finden sich die Spannungen aller anderen Kuppelstäbe und diejenige der 6 Stützungsstäbe $\alpha\,a$, $\beta\,b$, $\ldots$ $\varepsilon\,e$, $\lambda\,l$. Die Knotenpunkte $m, n, \ldots r$ liefern dann 6 Bedingungsgleichungen, aus denen die willkürlich angenommenen Spannungen $S_1 \ldots S_6$ ermittelt werden können, die sich bei erwähnter Annahme zu Null ergeben müssen. Besitzen diese tatsächlich den Wert Null, so sind auch alle anderen Stäbe spannungslos. Da in m keine äußere Kraft wirkt, mufs die Resultante

aller daselbst zusammentreffenden Stabspannungen in die Richtung $a\,m\,b$ fallen, ebenso auch die Resultante von $A\,m$ und $B\,m$ allein, da die 4 anderen Stäbe in einer Ebene liegen. Also die Komponenten der Kräfte $A\,m$ und $B\,m$ senkrecht zu $a\,m\,b$, in der Ebene $A\,a\,b\,B$, müssen algebraisch summiert die Größe Null ergeben. Die Gleichung hat die Form:

$$A\,m \cdot \sin\mu + B\,m \cdot \sin\nu = 0,$$

wobei μ und ν die Winkel zwischen den Stäben $A\,m$ und $m\,a$, bezw. $B\,m$ und $m\,b$ bedeuten. Liegt m in der Mitte von $a\,b$, so ist $\mu = \nu$:

$$A\,m + B\,m = 0.$$

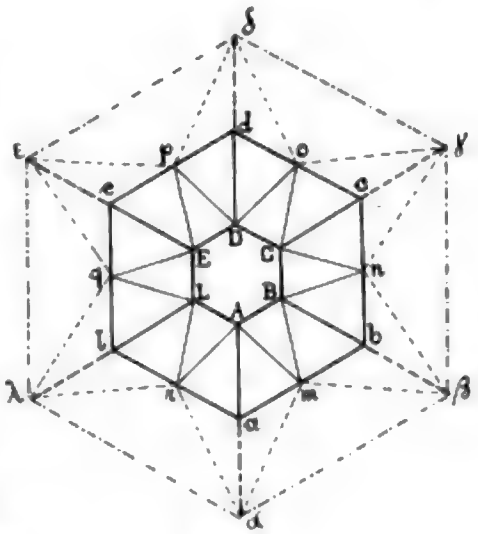


Fig. 9.

Da nun im Ausdruck für $A\,m$ sowohl S_1 wie S_2 vorkommt (vgl. Punkt A) und in $B\,m$: S_2 und S_3 (Knotenpunkt B), so lautet die Gleichung:

$$a_1 \cdot S_1 + a_2 \cdot S_2 + a_3 \cdot S_3 + 0 \cdot S_4 + 0 \cdot S_5 + 0 \cdot S_6 = 0,$$

in welcher a_1, a_2, a_3 Koeffizienten angeben, die von der Kuppelform abhängen. Eine ähnliche Gleichung liefert Knotenpunkt n; durch $B\,n$ und $C\,n$ treten in derselben S_2, S_3, S_4 auf. In Berücksichtigung der Knotenpunkte m, $n \ldots r$ ergeben sich 6 Gleichungen von folgender Form:

$$\begin{aligned}
&a_1 \cdot S_1 + a_2 \cdot S_2 + a_3\, S_3 + 0 \cdot S_4 + 0 \cdot S_5 + 0 \cdot S_6 = 0.\\
&0 \cdot S_1 + b_2\ S_2 + b_3\, S_3 + b_4\ S_4 + \cdot\ +\ \cdot\ = 0.\\
&\cdot\ +\ \cdot\ + c_3\, S_3 + c_4 \cdot S_4 + c_5 \cdot S_5 +\ \cdot\ = 0.\\
&\cdot\ +\ \cdot\ +\ \cdot\ + d_4 \cdot S_4 + d_5 \cdot S_5 + d_6 \cdot S_6 = 0.\\
&e_1 \cdot S_1 +\ \cdot\ +\ \cdot\ +\ \cdot\ + e_5 \cdot S_5 + e_6 \cdot S_6 = 0.\\
&f_1 \cdot S_1 + f_2 \cdot S_2 +\ \cdot\ +\ \cdot\ +\ \cdot\ + f_6 \cdot S_6 = 0.
\end{aligned}$$

Diese 6 homogenen Gleichungen liefern nur dann endliche Werte für die Unbekannten $S_1 \ldots S_6$, wenn die Determinante des Systems verschwindet. Dieses ist aber im allgemeinen nicht der Fall. Es können demnach die 6 Gleichungen nur nebeneinander bestehen, wenn:

$$S_1 = 0.\quad S_2 = 0.\quad S_3 = 0.\quad S_4 = 0.\quad S_5 = 0.\quad S_6 = 0.\quad \text{w. z. b. w.}$$

Werden diese Spannungswerte eingeführt und die Knotenpunkte A, $B \ldots L$, dann a, b, $\ldots l$ und m, n, $\ldots r$ betrachtet, so ergibt sich für alle Kuppel- und Stützungsstäbe die Spannung Null. Hiermit ist gezeigt, dafs eine Kuppel angegebener Form stabil ist, einerlei ob sie sich über einem regelmäßigen oder unregelmäßigen Vieleck erhebt.

Man kann auch in anderer Art beweisen, dafs beim Fehlen von äußeren Kräften alle Stabspannungen den Wert Null ergeben. Die einzelnen Dreiecke $A\,m\,B$, $B\,n\,C$, $\ldots$ haben die Eigentümlichkeit, dafs an jedem Eck alle nicht zu dem Dreieck gehörigen

Digitized by Google

Stäbe für sich in einer Ebene liegen. Wirkt keine äußere Kraft, so muſs demnach die Resultante dieser letzteren Stäbe jedesmal in der Schnittlinie ihrer Ebene und der Dreiecksebene gelegen sein. Trennt man nun z. B. das Dreieck $A\,m\,B$ mittels eines Flächenschnitts von dem übrigen System, so wirken demgemäß in seinen Knotenpunkten nur 3 Einzelkräfte, welche in der Dreiecksebene liegen. Da sich diese 3 Kräfte nicht in einem Punkte schneiden, so können sie nur dann ein Gleichgewichtssystem bilden, wenn sie alle drei Null sind. Demnach kann in den Stäben des Dreiecks $A\,m\,B$, ebenso in denen der anderen Dreiecke keine Spannung auftreten[1]), und hieraus folgt auf Grund der Fig. 9, daſs alle Stäbe spannungslos sind.

§ 4. Die mehrgeschossigen, offenen Kuppeln.

Um aus der eingeschossigen Kuppel eine mehrgeschossige zu gewinnen, sind verschiedene Wege möglich. Da bei ersterer die Punkte des oberen Ringes völlig fest liegen, können dieselben als Auflagerstellen für eine neue Kuppel benutzt werden. Wendet man hierbei statt der gewöhnlichen Lagerung die in Fig. 8 eingeführten Stützungsstäbe an, so wird auf die untere eingeschossige Kuppel eine weitere zweigeschossige aufgebaut, von welcher das untere ein Stützengeschoss, das obere ein eigentliches Kuppelgeschoſs ist (Fig. 10). Zur Gewinnung dieser dreigeschossigen Kuppel ist

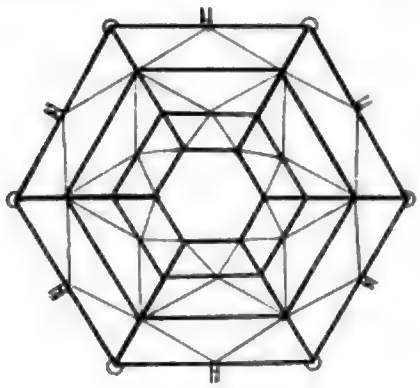


Fig. 10.

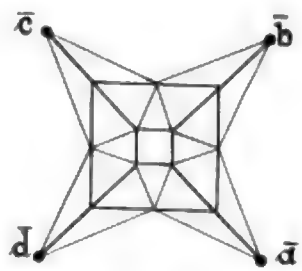


Fig. 11.

der Gedanke verwertet worden, den Herr Zimmermann zur Herstellung seiner mehrgeschossigen Kuppel benutzt. Es entsteht eine Anordnung, die für die Berechnung sehr günstig ist. Denn sobald man die eingeschossige Kuppel bezüglich der Spannungen und Auflagerkräfte berechnen kann, ist dies auch sofort bei der mehrgeschossigen möglich.

Eine zweigeschossige Kuppel könnte dadurch gebildet werden, daſs man das untere Geschoſs als Stützengeschoſs ausführt und die Punkte a, b, $\bar{c}$, $\bar{d}$, von denen die Stützungsstäbe ausgehen, fest legt. Dies kann entweder dadurch geschehen, daſs alle Punkte $\bar{a}, \ldots d$ fest aufgelagert (Fig. 11), oder aber daſs die Punkte durch Unterring-

[1]) Diesen Gedankengang hat Herr Föppl zur Bestimmung der Spannungen bei seiner „Leipziger Kuppel“ verwendet.

Digitized by Google

stäbe verbunden und dann nur Kurvenlager verwendet werden (Fig. 12). Die auf diese Weise hergestellte Kuppel stimmt mit der bereits ausgeführten „Leipziger Kuppel“ überein[1]). Die hierdurch entstandenen Kuppeln haben den Nachteil, dafs das Mauerwerk ungünstig beansprucht wird. Zweckmäßiger wird eine zwei-

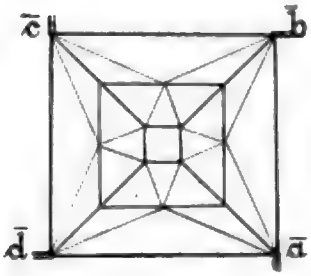


Fig. 12.

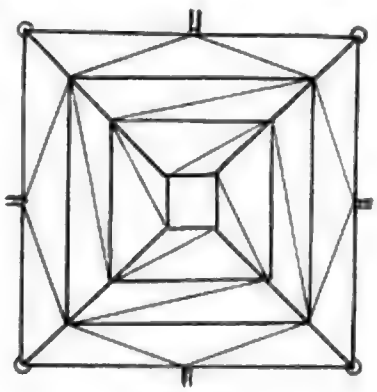


Fig. 13.

geschossige Kuppel dadurch gewonnen, dafs man das untere Geschofs in angegebener Form ausführt und auf die so erhaltenen festen Punkte des oberen Ringes eine Schwedler-Kuppel aufbaut. Ebenso kann dazu eine mehrgeschossige Schwedler-Kuppel (Fig. 13) oder eine andere bekannte Kuppel verwendet werden, die an und für sich in festen Punkten gestützt sein mufs (Netzwerkkuppel). Da die Berechnung der Schwedler-Kuppel leicht durchführbar ist, so ist mit Angabe der Berechnung der beschriebenen eingeschossigen Kuppel auch die Spannungsermittlung dieser Kuppeln gegeben.

Solche Kuppelsysteme haben vor den Schwedler-Kuppeln Vorteile. Doch ist für manche Verhältnisse auch diese Anordnung noch nicht befriedigend, da es vielfach erwünscht ist, dafs zwischen den Eckpunkten der einzelnen Ringe ein oder mehrere Zwischenknotenpunkte vorhanden sind, so dafs die einzelnen Diagonalstäbe nicht zu sehr verschieden groß sind. Man wird hierdurch auf den Gedanken geführt, die in der eingeschossigen Kuppel verwendete Konstruktion zweckmäfsig zu verändern mit Beibehaltung des benutzten Prinzipes. Man kann z. B. im obersten Geschoss in jedem Feld ein Diagonalenpaar, in jedem unteren Felde je ein Diagonalenpaar mehr anordnen, so dafs das in Fig. 14 dargestellte System entsteht. Dasselbe mufs in $m = 4$ Kurvenlagern und $n - m = 16 - 4 = 12$ Ebenenlagern gestützt werden, damit ein gestütztes Fachwerk entsteht. In dieser Weise entstehen sehr zweckmäßige Systeme, welche alle spezielle Fälle der in § 2 angegebenen Grundform sind. Bezüglich der Stabanordnung in den einzelnen Zonen ist natürlich noch verschiedentliche Abänderung möglich (Fig. 15).

[1]) Föppl, Graphische Statik. Leipzig 1900. S. 315.

Digitized by Google

Herr Föppl gelangt zu diesen Systemen des Kuppelmantels (ohne die günstige, allgemeine Lagerung zu erwähnen), indem er von der Schwedler-Kuppel ausgeht und dann statt der einen Diagonale in jedem Felde eine Netzwerkteilung anordnet. Er

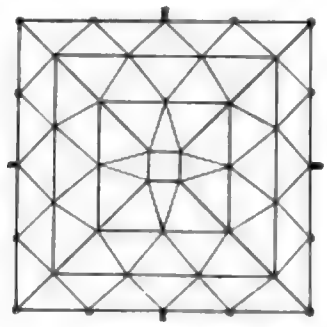


Fig. 14.

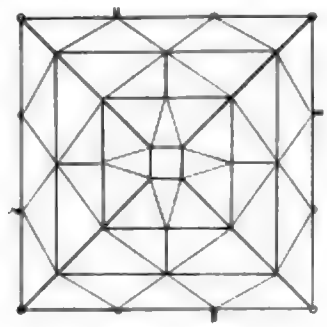


Fig. 15.

schaltet auf diese Weise in das Hauptkuppelsystem (Ringe und Sparren) ein Nebensystem ein. Das wesentliche bei allen Systemen ist, dafs der Mantel von zusammenhängenden Dreiecken begrenzt ist, also den Teil eines Flechtwerkes darstellt.

§ 5. Dachfachwerke. Geschlossene Kuppeln.

Das in Fig. 6 dargestellte Dachsystem mit 4 Eckpunkten, je 4 Zwischenpunkten auf der Längs- und je 2 Zwischenpunkten auf der Querseite ist infolge der $(m-3)=9$ Diagonalstäbe im obersten Felde als ein geschlossenes zu betrachten, bedarf also $(n-3)$ Ebenen- und 3 Kurvenlager, welch' letztere nicht parallele Gleitrichtung haben dürfen. Die Anordnung der Diagonalstäbe in den Feldern kann mannigfach abgeändert werden. Ein mehrgeschossiges System kann man etwa nach Art der Fig. 14 bilden, indem man von Fig. 7 oder Fig. 22 ausgeht. Einzelne Stabvertauschungen können noch vorgenommen werden (wie in Fig. 22), doch dürfen nicht alle Diagonalstäbe eines Feldes entfernt werden. Würden z. B. 2 Diagonalen eines Feldes fortgenommen, so würden die Spannungen in einzelnen Stäben mehrdeutig sein. Bei der eigentlichen Kuppel, bei der sich die Knotenpunkte des obersten Ringes nur in wirklichen Eckpunkten befinden, können alle Zwischenstäbe des oberen Feldes gegen Auflagerstäbe vertauscht werden; aber bei dem allgemeinen Dachfachwerk geht dies nicht. Doch kann z. B. 1 Diagonale allein fortgenommen und dafür statt dreier Kurvenlager deren 4 angeordnet werden.

Ist an der Stelle der oberen horizontalen Dachfläche eine First vorhanden, so läfst sich auch leicht ein günstiges Fachwerk bilden.

Aus den angegebenen Beispielen geht hervor, wie unter allen Verhältnissen solche Systeme den gewünschten Anforderungen entsprechend ausgeführt werden können. Das Wesentliche bei all diesen Systemen ist: dafs sich innerhalb des Mantels keine Stäbe befinden; dafs die Gestalt des Unterrings von derjenigen des zu überdeckenden Raumes nicht abweicht; dafs zwischen den Eckpunkten beliebig viele Knotenpunkte angeordnet sind, wie es mit Rücksicht auf das Stabsystem und die Be-

Digitized by Google

deckung zweckdienlich ist; daſs die Konstruktion nur in wirklichen Knotenpunkten gestützt wird, und zwar nur auf Ebenen- und solchen Kurvenlagern, deren Gleitbahn senkrecht zur Mauerflucht steht, so daſs also in Richtung senkrecht zur Mauer keine Kraft auftritt und die in Richtung der Mauer fallende Kraft nicht an den Ecken angreift.

Oftmals soll eine Kuppel durch eine Zeltdach geschlossen werden, das soviel Seiten besitzt, wie die Kuppel. Da das offene System (Fig. 7) bei der angegebenen Lagerung an und für sich starr ist und zum Anschluſs eines weiteren Punktes, d. i. der Spitze, 3 Stäbe genügen, wäre das System, wenn die Lagerung beibehalten wird $(m-3)$-fach statisch unbestimmt. Um ein bestimmtes System zu erhalten, sind demnach $(m-3)$ Stäbe zu entfernen, als welche auch Stützungsstäbe gewählt werden können; es müssen also $(m-3)$ Kurvenlager durch Ebenenlager ersetzt werden, so daſs an die Stelle von m Kurvenlagern nun: $m-(m-3)=3$ Kurvenlager zu treten haben. Für eine 6seitige Kuppel ergibt sich demnach die Anordnung der Fig. 16.

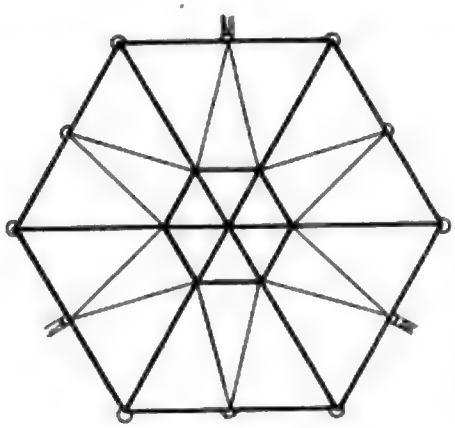


Fig. 16.

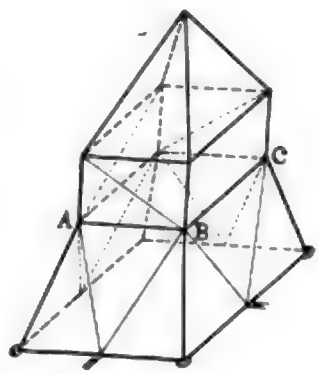


Fig. 17.

Erhebt sich etwa über einer 4seitigen Kuppel eine Laterne und darüber ein Zeltdach, so kann das in Fig. 17 dargestellte System gebildet werden. Sind alle Stäbe vorhanden, so müssen mit Ausnahme dreier Kurvenlager die Stützungen als Ebenenlager ausgebildet werden. Es kann aber auch ein Diagonalstab der Laterne gegen einen Stützungsstab vertauscht werden. Denn: sind alle Zwischenpunkte des Unterrings in Kurvenlagern gestützt, so liegen die oberen Punkte A, B, C, D fest, können geradezu als Erdpunkte betrachtet werden. In diesen ist ein Zeltdach (also ein geschlossenes System) aufzulagern; dazu gehören $(n+3)=7$ Stäbe; also ein Stab im Zwischengeschoſs ist zu entfernen.

Für ein 6seitiges System, das in 6 Kurvenlager gestützt werden soll, würde die Anordnung der Fig. 18 erhalten, bei welcher im Zwischengeschoſs 3 Stäbe fehlen.

§ 6. Berechnungsmethode der eingeschossigen Kuppel.

Die Berechnungen der Stabspannungen kann in ganz verschiedener Weise erfolgen. Es läſst sich vor allem eine allgemeine Methode, z. B. diejenige von Herrn

Digitized by Google

Henneberg oder die von Herrn Müller-Breslau anwenden. Es könnte auch eine ähnliche Methode, wie zum Stabilitätsnachweis in § 3 benutzt werden. Des weiteren läfst sich nach Einführung von Stützungsstäben das Verfahren verwerten, das Herr Föppl[1]) zur Berechnung seiner Leipziger Kuppel angibt, das im wesentlichen darauf beruht, dafs man zunächst von der Anordnung der Schwedler-Kuppel ausgeht. Als rechnerische Methode erscheint nun folgende zweckmäßig, bei welcher zuerst die Spannungen aller über den Zwischenknotenpunkten (Kurvenlagern) zusammentreffenden Diagonalenpaare aus je 2 Gleichungen bestimmt werden.

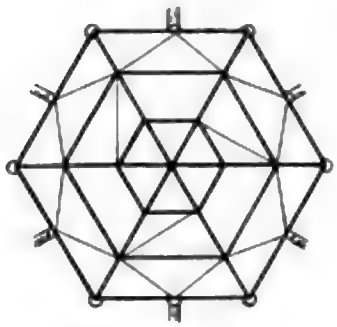


Fig. 18.

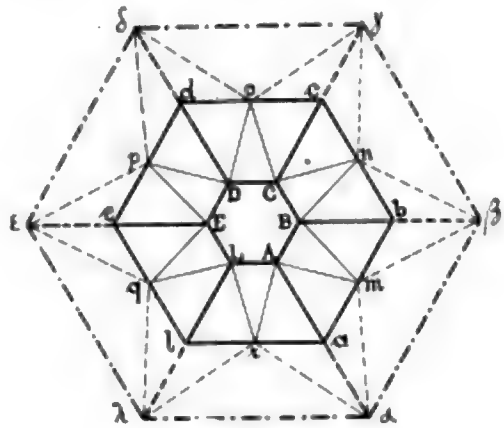


Fig. 19.

Zur Berechnung dieser Diagonalspannungen dient eine Art von Momentenmethode. Wird eine Reihe von Stäben durch eine Flächenschnitt getroffen, und das Moment dieser Spannungen für irgend eine Achse aufgestellt, so verschwindet dasselbe für alle diejenigen Stäbe, welche die Achse schneiden. Es werden nun 2 Flächenschnitte gelegt, welche jedesmal die beiden gewünschten Stäbe, im übrigen aber nur solche Stäbe treffen, die durch die Momentenachse gehen, sodafs dadurch 2 Gleichungen mit 2 Unbekannten erhalten werden. Zur Bestimmung der Spannungen in Am und Bm wird der eine Schnitt um den Knotenpunkt m herumgelegt, welcher außer den erwähnten Stäben noch ma, mb und die beiden Stützungsstäbe $m\alpha$ und $m\beta$ trifft. Als Momentenachse wird eine Linie in der Ebene $ab\alpha\beta$ gewählt, z. B. die Linie $\alpha\beta$ (Fig. 19). Bezüglich dieser Linie liefern $m\alpha$, $m\beta$, ma und mb kein Moment, so dafs in der betreffenden Gleichung außer dem Moment der in m wirkenden äußeren Kraft nur die 2 unbekannten Spannungen Am und Bm auftreten. Die zweite Gleichung wird mittels eines Flächenschnitts erhalten, der um die Knotenpunkte A und B geführt ist, von dem also die Stäbe AL, Ar, Aa, Am, Bm, Bb, Bn, BC getroffen werden. Als Momentenachse wird die Schnittlinie der Ebenen $ALla$ und $BCcb$ eingeführt, welche von allen Stäben mit Ausnahme von Am und Bm geschnitten wird. In der betr.

[1]) Föppl, Die graphische Statik. Leipzig 1900. S. 316. — Das Fachwerk im Raume. Leipzig 1892. S. 93.

Momentengleichung kommen demnach außer dem Moment von Am und Bm nur noch das der in A und B wirkenden äußeren Kräfte vor. Entsprechend ist für die Diagonalenpaare Bn, nC; Co, oD usw. zu verfahren.

Diese Methode ist für eine Kuppel über jedem Raum verwendbar. Für ein System über regelmäßigem Grundrifs gestaltet sie sich besonders einfach, da in jedem Felde die Diagonalen dieselbe Lage haben, also die verschiedenen Gleichungspaare bezüglich dieser Spannungen völlig gleich gebaut sind, so dafs nur durch die Momente der äußeren Kräfte jedesmal eine andere Größe auftritt. Nach Bestimmung der Diagonalspannungen sind die anderen Spannungen sofort zu berechnen: es kann mittels der Knotenpunkte A, $B \ldots E$, L die Spannung in den Ring- und Gratstäben ermittelt werden, alsdann aus Betrachtung der Knotenpunkte a, $b, \ldots e$, l die Spannung in den Unterring- und Stützungsstäben der Ebenenlager (damit diese Auflagerkraft selbst) und schließlich mittels der Knotenpunkte m, $n \ldots r$ die Spannung der Stützungsstäbe der Kurvenlager, deren Resultante jedesmal die Auflagerkraft ergibt. Da die Knotenpunkte m, $n \ldots$ benutzt wurden, um die Gleichungen der Diagonalspannungen aufzustellen, ergibt es sich von selbst, dafs die Resultante der in $m, \ldots$ wirkenden äußeren Kraft, der beiden Diagonal- und der beiden Unterringstäbe eine Kraft in der Ebene der Kurvenlagerstäbe liefert. Es wäre gar nicht nötig, alle Diagonalstäbe zu berechnen; es würde vielmehr genügen, die in 3 oberen Ringpunkten, etwa A, C, E zusammentreffenden zu bestimmen, aus welchen die Spannungen aller anderen Stäbe ermittelt werden können. Sind aber alle Diagonalspannungen bestimmt, so ist dadurch eine Probe gegeben, indem jede obere Ringspannung doppelt vorkommt: z. B. AB sowohl vom Knotenpunkt A, wie von B.

§ 7. Aufstellung der Formeln für eine eingeschossige Kuppel.

Es sei eine Kuppel über regelmäßigem Vieleck zu berechnen. Dieselbe ist festgelegt durch 3 Bestimmungsstücke, z. B. durch die Länge der unteren Umfangsseite s, die Höhe des Geschosses h und die horizontale Entfernung der beiden Ringe f. Es könnten auch gegeben sein der Radius des dem Unterring einbeschriebenen Kreises ϱ_a, der des oberen Ringes ϱ_i und der Winkel α zwischen den geneigten Feldern und der Horizontalebene. Es bestehen hierbei die Beziehungen:

$$\left.\begin{aligned} \varrho_a &= \lambda \cdot s \\ \varrho_i &= \lambda \cdot s - f \end{aligned}\right\}$$ wenn λ eine Zahl bedeutet, welche abhängig von der Eckenzahl ist.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{f}. \qquad \sin \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + f^2}} \qquad \cos \alpha = \frac{f}{\sqrt{h^2 + f^2}}$$

Die Länge eines Oberringstabes ergibt sich zu

$$t = \frac{\varrho_i}{\lambda} = s - \frac{f}{\lambda}.$$

Um das Moment der Stabspannungen $\underline{Am}$ und Bm für die Momentenachse $\alpha\beta$ aufzustellen, zerlege man sowohl Am wie Bm in der Ebene $ABba$ in eine Komponente in Richtung ab und eine senkrecht hierzu. Erstere Komponenten haben bezüglich $\alpha\beta$ kein Moment. Ist der Winkel zwischen Am und am bez. Bm und mb gleich ν, so

Digitized by Google

kommen für das Moment nur die Kräfte $Am \cdot \sin \nu$ und $Bm \cdot \sin \nu$ in Betracht Der Hebelarm dieser Kräfte ist gegeben durch

$$o = h_1 \cdot \cos \alpha,$$

wobei h_1 die willkürliche Höhe des Stützengeschosses bedeutet, die natürlich später wieder herausfallen muſs. Die Gleichung lautet also

$$(Am + Bm) \cdot \sin \nu \cdot h_1 \cdot \cos \alpha = M_m,$$

wenn M_m das Moment der in m wirkenden äußeren Kraft bezüglich der Momentenachse $\alpha\beta$ angibt.

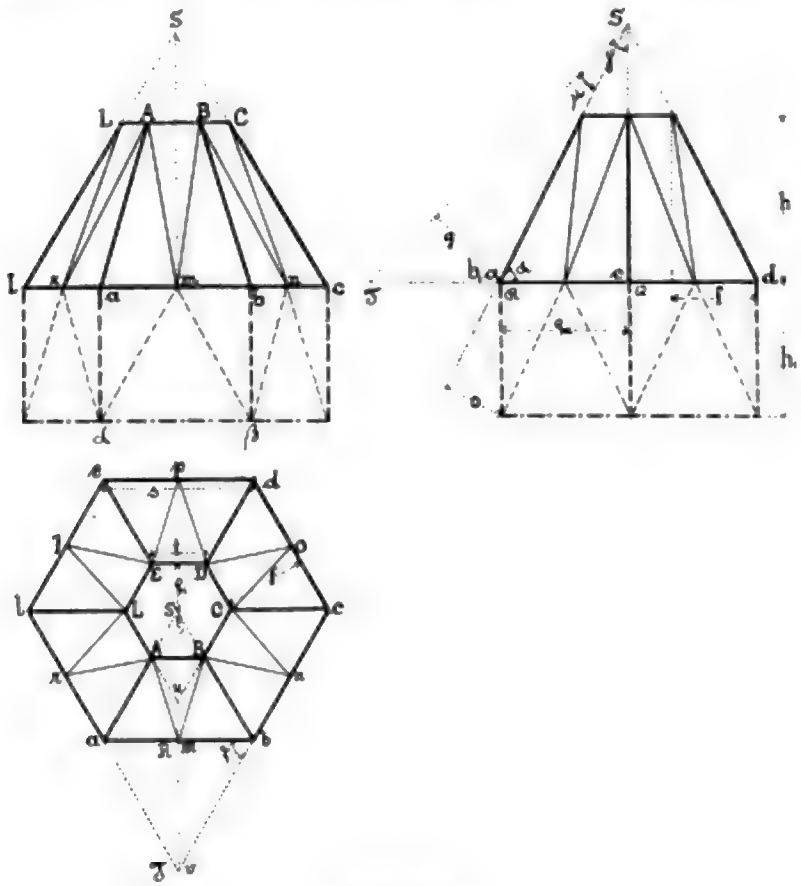


Fig. 20.

Zwecks Aufstellung der Momentengleichung für den um A und B gelegten Schnitt projiziere man Am und Bm auf eine Ebene, die senkrecht zur Achse uv gerichtet ist und bilde das Moment der in einer Ebene gelegenen Projektionen. Es entsteht die Gleichung (Fig. 20)

$$(Am - Bm) \sin \mu \cdot y \cos \delta = M_a + M_b,$$

Digitized by Google

wobei M_a und M_b das Moment der in A bezw. B wirkenden äußeren Kraft bezüglich der Momentenachse uv angeben, während δ der Winkel ist, der durch Projektion des Winkel ν auf die zur Achse senkrechte Ebene entsteht.

Die in den beiden maßgebenden Gleichungen auftretenden Größen $\sin \nu$, $\sin \mu$, $\cos \delta$ und g müssen durch die gegebenen Werte s, f, l ausgedrückt werden. Es ergibt sich aus Fig. 20

$$\sin \nu = \frac{\sqrt{f^2 + h^2}}{\sqrt{f^2 + h^2 + \frac{l^2}{4}}} \qquad \cos \delta = \frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{(f^2 + h^2) \sin^2 \mu + \frac{l^2}{4}}}$$

$$g = \overline{TR} \cdot \cos \gamma = \frac{s}{2} \cdot \operatorname{tg} \zeta \cdot \cos \gamma.$$

wobei ζ als der über der Vieleckseite liegende Zentriwinkel bekannt ist.

$$\cos \gamma = \frac{SQ}{\sqrt{SQ^2 + TQ^2}} = \frac{\varrho_a \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\varrho_a \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{1}{\cos^2 \zeta}}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \zeta + 1}}$$

Demnach ergibt sich

$$g = \frac{s}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \zeta \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \zeta + 1}}.$$

Weiter ist

$$\sin \mu = \sin (\gamma + \alpha - 90°) = \sin \gamma \sin \alpha - \cos \gamma \cos \alpha$$

$$\sin \mu = \frac{\sin \alpha \cdot \frac{1}{\cos \zeta}}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \zeta + 1}} - \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \zeta + 1}}.$$

$$\sin \mu = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \zeta + 1}} \cdot \left\{ \frac{1}{\cos \zeta} - 1 \right\} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \zeta + 1}} \cdot \left\{ \sqrt{\operatorname{tg}^2 \zeta + 1} - 1 \right\}.$$

Hierdurch sind alle Faktoren auf der linken Seite der beiden Gleichungen durch bekannte Größen ausgedrückt. Es sollen nun schließlich für M_m, M_a, M_b die Werte angegeben werden unter Zugrundelegung einer allgemeinen Belastung. In m wirke eine äußere Kraft P, die mit der horizontalen Ebene den Winkel φ, mit der Ebene $ab\alpha\beta$ den Winkel ψ einschließe; dann entsteht für $\alpha\beta$ als Momentenachse ein Moment:

$$M_m = P \cdot \cos \varphi \cdot \sin \psi \cdot h_1.$$

Wirkt nur eine Vertikalkraft V_m, so ist demnach

$$M_m = 0.$$

Ist dagegen nur eine Horizontalkraft vorhanden:

$$M_m = H_m \cdot \sin \psi \cdot h_1.$$

Im Punkt A möge die Kraft Q_a mit der horizontalen Ebene den Winkel σ, mit der vertikalen Ebene $ab\alpha\beta$ den Winkel τ einschließen. Um die bekannten Größen

Digitized by Google

in die Schlufsformel zu bekommen, kann man Q_a in eine Vertikalkraft V_a und Horizontalkraft H_a zerlegen und erhält alsdann für die Linie uv das Moment:

$$M_a = H_a (\sin \tau - \cos \tau \cdot \operatorname{tg} \zeta) \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \gamma + V_a \cdot \sin \gamma \cdot \frac{l}{2}.$$

Wirkt in B eine Kraft Q_b mit den Komponenten

$$H_b = Q_b \cdot \cos \sigma$$
$$V_b = Q_b \cdot \sin \sigma,$$

welche mit der Ebene $ab\alpha\beta$ den Winkel τ bildet, so ergibt sich

$$M_b = H_b (\sin \tau - \cos \tau \cdot \operatorname{tg} \zeta) \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \gamma - V_b \cdot \sin \gamma \cdot \frac{l}{2}.$$

Bei allgemeiner Kräftewirkung Q_a und Q_b entsteht demnach ein Moment

$$M_a + M_b =$$
$$(H_a \cdot \sin \tau - H_b \cdot \sin \tau) \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \gamma - (H_a \cdot \cos \tau + H_b \cdot \cos \tau) \cdot \operatorname{tg} \zeta \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \gamma + (V_a - V_b) \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin \gamma.$$

Wirken nur 2 gleich große Vertikalkräfte $V_a = V_b$, so ist $M_a + M_b = 0$.

Wirken dagegen 2 gleich große, parallel gerichtete Kräfte $Q_a = Q_b$, so dafs $H_a = H_b$ ist, so entsteht

$$M_a + M_b = - H_a \cdot t \cdot \cos \tau \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \zeta.$$

Auf diese Weise wurden 2 Gleichungen erhalten

$$Am + Bm = \frac{\sqrt{f^2 + h^2 + \frac{t^2}{4}}}{f} \cdot P \cdot \cos \varphi \cdot \sin \psi$$

$$Am - Bm = (M_a + M_b) \cdot \frac{1}{\sin \mu \cdot g \cdot \cos \delta},$$

welche auf der rechten Seite nur solche Größen enthalten, die von vornherein bekannt sind

$$f,\ h,\ \frac{l}{2},\ \alpha,\ P_m,\ \varphi,\ \psi,\ Q_a,\ \sigma,\ \tau,\ Q_b,\ \sigma,\ \tau.$$

Die Bauweise der Gleichungen ist einfacher Art, so dafs die Durchrechnung einer bestimmten Kuppel bei gegebener Belastung ohne Schwierigkeit zu erledigen ist.

§ 8. Die Berechnung der mehrgeschossigen Kuppeln und Dachfachwerke.

Zur Berechnung der Kuppel Fig. 14 kann man gemäß der Föpplschen Auffassung der Kuppelentstehung folgendermaßen vorgehen: Man betrachtet die Kuppel geradezu aus 2 Systemen zusammengesetzt und trennt die Belastung in eine solche, welche nur auf die Sparrenknotenpunkte (Hauptknotenpunkte) wirkt, und eine solche auf die Ring-Zwischenpunkte (Nebenpunkte). Die erstere übt auf Sparren- und Ringstäbe den Einflufs aus, wie bei der gewöhnlichen Schwedler-Kuppel. Für die Belastung der Nebenknotenpunkte faßt man jedes Feld als ebenen Träger auf und zerlegt dem-

Digitized by Google

gemäß die äußeren Kräfte in die 2, in dem betreffenden Ringe zusammenstoßenden Ebenen.

Will man das Stabsystem direkt als ein Ganzes und als allgemeinen Fall der oben behandelten Kuppel betrachten, so kann man wiederum ein rechnerisches Verfahren anwenden, das im wesentlichen auf das in § 6 beschriebene hinausläuft. Man bestimmt zunächst die Spannungen aller Stäbe des Obergeschosses, also der 4 Diagonalenpaare: Af; Bf usw., der 4 Oberringstäbe AB, BC, CD, DA und der 4 Gratstäbe Ah, Bg, Cr, Ds (Fig. 21). Um dann die Spannungen in den Stäben des zweiten Geschosses zu finden, werden vor allem die Spannungen der Diagonalen ermittelt und zu diesem Zweck für jedes Feld 4 Gleichungen mit 4 Unbekannten aufgestellt. Der Schnitt um i liefert für eine in der Ebene $(a\,b\,p\,q)$ liegende Achse (z. B. $a\,b$) eine Momentengleichung, die als Unbekannte nur die Spannung S_1 und S_2 enthält: $F_1\,(S_1, S_2) = 0$. Ebenso ergibt der Schnitt um k für dieselbe Achse eine Gleichung, die bezüglich der Stäbe 3 und 4 gerade so gebaut ist, wie die für 1 und 2, dagegen von der äußeren Kraft im allgemeinen eine andere Momentengröße enthält: $F_2\,(S_3, S_4) = 0$. Der Schnitt um f liefert für eine in der Ebene $(h\,g\,A\,B)$ liegende Linie, z. B. AB eine Momentengleichung: $F_3\,(S_2, S_3) = 0$. Die fehlende 4. Gleichung wird aus dem um die Knotenpunkte h, f, g gelegten Flächenschnitt s erhalten, wobei als Momentenlinie die Schnittlinie der beiden Ebenen $(l\,s\,q\,h)$ und $(g\,r\,p\,e)$ eingeführt wird. Außer den Unbekannten 1, 2, 3, 4 treten noch die Momente der in h, f, g wirkenden äußeren Kräfte und der Spannungen Ah, Af, Bf, Bg auf. Die so entstehenden Gleichungen:

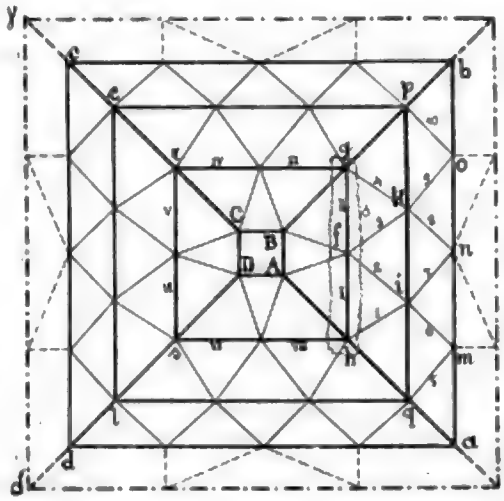


Fig. 21.

$$F_1\,(S_1, S_2) = 0. \qquad F_3\,(S_2, S_3) = 0.$$
$$F_2\,(S_3, S_4) = 0. \qquad F_4\,(S_1, S_2, S_3, S_4) = 0$$

sind nach den 4 Unbekannten aufzulösen.

Nachdem in entsprechender Weise die Diagonalspannungen der 3 anderen Felder des 2. Geschosses gefunden sind, kann man mittels der Knotenpunkte h, g, r, s die Spannugen in den Gratstäben hq, gp, re, sl sowie der Stäbe des 2. Ringes $h\,g\,r\,s$ bestimmen. Um die Diagonalspannungen der untersten Felder zu erhalten, werden wiederum die Stützungsstäbe eingeführt, welche eigentlich in senkrechten Ebenen liegen.

Um das in Fig. 22 dargestellte Dachfachwerk auf 4 Kurvenlagern zu berechnen, kann man die zuletzt benützte Methode anwenden, nachdem vorher die Spannungen der Stäbe des obersten Feldes bestimmt sind. Zu diesem Zweck zerlegt man im Knotenpunkt F die hier wirkende äußere Kraft in die Richtung FH und die Ebene $(B\,b\,C\,c)$, erhält so die Spannung FH. Alsdann liefert Knotenpunkt H die Spannung in HC,

Digitized by Google

in dem die Resultante aus FH und der äußeren Kraft in die Richtung HC und die Ebene $(a\,A\,D\,d)$ zerlegt wird. Ganz entsprechend werden die Spannungen in GE und AE mittels der Knotenpunkte G und E gefunden.

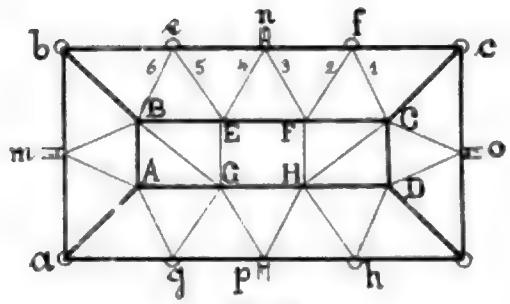


Fig. 22.

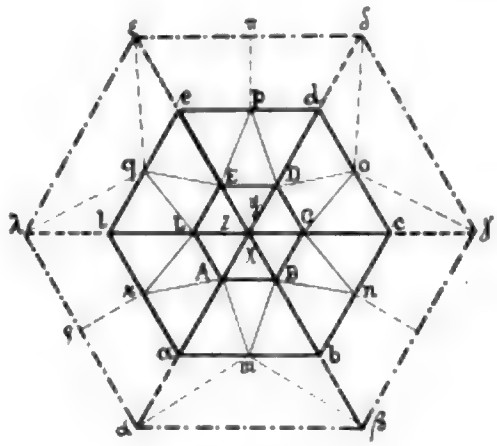


Fig. 23.

Das Verfahren könnte auch dazu dienen, geschlossene Kuppeln, die auf 3 Kurvenlagern ruhen, zu berechnen. Für das System Fig. 23 werden z. B. die Spannungen von 3 (allgemein $(m-3)$) nach der Spitze laufenden Stäben beliebig angenommen, etwa als X, Y, Z, und mit diesen Werten die Berechnung der Diagonalspannungen durchgeführt, gerade als ob die Zwischenknotenpunkte m, $n \ldots r$ alle in Kurvenlagern gestützt wären. Jede Diagonalspannung enthält X, Y, Z. Nun sind 3 Bedingungsgleichungen aufzustellen, aus welchen die unbekannten Werte X, Y, Z ermittelt werden können; hierzu dienen die Knotenpunkte n, p, r, welche auf Ebenenlagern ruhen. Man kann übrigens bei derartigen Kuppeln die Spitze als eine Nebenkonstruktion betrachten, so dafs als eigentliches Kuppelungssystem eine offene Kuppel zu berechnen ist, die dann natürlich auf 6 Kurvenlagern ruht.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

II. Abhandlungen.

Das Eisenhüttenwerk Thale.

Von Professor Dr. **H. Wedding,**
Geh. Bergrat.

Vorgeschichte.

Das Harzgebirge ist zwar seit Karl des Großen Zeiten besiedelt und Bergbau entwickelte sich dort bereits seit dem 10. Jahrhundert, aber erst seit dem Anfange des 16. Jahrhunderts kann man von einem eigentlichen Bergwerks- und Hüttenbetriebe sprechen. Bis dahin war der Harz wegen seines Waldreichtums die auserlesene Gegend für Jagd und Vogelfang.

Zwar hatte man schon vor dieser Zeit die, wenn auch nicht in großen Mengen, so doch an vielen Stellen aufgedeckten Eisenerze des Gebirges zur Herstellung von schmiedbarem Eisen durch die Rennarbeit benutzt, — im Jahre 1188 bestanden Hütten bei Walkenried, 1237 am Brunnbach, einem Nebenfluß der Bode, 1355 zu Tanne, — aber die Rennfeuer lagen meist auf den Höhen mitten in den Waldungen, wo es neben der Erzgewinnung am leichtesten war, Holzkohlen in reichlicher Menge zu beschaffen. Solcher Stätten gab es u. a. in der ganzen Umgebung von Elbingerode und von Mägdesprung. Mit der wahrscheinlich hier zuerst gemachten Erfindung des Hochofens am Ende des 15. Jahrhunderts und der dadurch ermöglichten Erzeugung flüssigen Roheisens, welches in Formen gegossen, zu Ofenplatten, Kugeln und Geschützen verwendet werden konnte, änderte sich die Sachlage. Statt der bis dahin allein benutzten Handgebläse und Handhämmer brauchte man die Wasserkraft zur Bewegung dieser Vorrichtungen, und die Hersteller des Eisens zogen sich daher von den Höhen in die Täler. Wenngleich fast alle Bäche und Flüßchen des Harzes das Wasser als Kraft hergeben mußten, nachdem es in Teichen angestaut war, so war es doch das starke Gefälle der Bode, welches ganz besonders zur Anlegung von Eisenwerken mit durch Wasserräder betriebenen Hämmern und Blasbälgen anlockte. Im Jahre 1500 gab es bereits am Laufe der Bode 8 solcher Eisenwerke. Im Jahre 1600 lagen an demselben Flusse über 10. Zwar hatten die Schrecknisse des dreißigjährigen Krieges auch den Harz nicht verschont und nach seiner Beendigung waren Räuber und Vagabunden an die Stelle der arbeitsamen Bevölkerung getreten, aber gerade die Abgelegenheit des Waldgebirges gestattete

Digitized by Google

eine schnelle Erholung und im Jahre 1700 lag bereits wieder die gleiche Zahl von Eisenwerken am Bodefluß.[1]) Die Eisenwerke lagen am oberen Laufe der Bode bis nach Treseburg. Das damals noch ganz unzugängliche Tal von dort bis an den Ausfluß des Wassers aus dem Gebirge barg natürlich keine Eisenhütte, aber unterhalb des Austritts bei Thale hatte sich seit den ältesten Zeiten die Eisenindustrie angesiedelt. Die meisten Hütten verfertigten Roheisen durch Verschmelzung der Eisenerze mit Holzkohle im Hochofen und verfrischten dieses Eisen in mit Holzkohlen geheiztem Herde zu Stabeisen, machten auch bereits gewöhnlich gleichzeitig die Geräte, welche teils in der Umgegend gebraucht wurden, teils selbst bis nach England in nicht unerheblichen Mengen ausgeführt wurden. Thale hatte anfangs keinen Hochofenbetrieb, der erst, als das Werk 1790 in fiskalisch-preußischen Betrieb überging, dort mit in der Nähe gewonnenen Eisenerzen eingeführt wurde, sondern nur Frischfeuer, in welchen man schlesisches Roheisen verarbeitete und Eisen für Schwarz- und Weißblech erzeugte. Mit dem allmählich immer fühlbarer werdenden Mangel an Holz trat die Steinkohle, wie überall in Deutschland, in ihre Rechte. Mit der Benutzung der Steinkohle änderte sich auch die Lage. Die großen Eisenwerke zogen sich auf die Steinkohlengebiete und bewegten ihre Hämmer und Gebläsemaschinen durch Dampfkraft. Damit ging die Eisenindustrie des Harzes immer mehr zurück, und heutigen Tages liegen an dem Bode-Flusse nur noch wenige Eisenwerke, welche Roheisen bei Holzkohle erzeugen, Rothehütte und Rübeland.

Die Anfänge des heutigen Hüttenwerks Thale lassen sich, wie erwähnt, in alte Zeiten zurückverfolgen. 1740 gehörte die Hütte einer Gewerkschaft, wurde aber 1770 auf Veranlassung Friedrichs des Großen durch den Grafen Reden neu gegründet und ging im Jahre 1778 in den Besitz des Königs selbst über, der neben dem Hochofen und einem Zainhammer noch eine Hütte für Schwarz- und Feinbleche anlegen ließ und der Anlage den Namen „Blechhütte“ beilegte. Im Jahre 1786 wurde das Werk durch einen Herrn von Benninghaus von Friedrich dem Großen käuflich erworben. Eine Produktionsstatistik des Harzgebietes ist schwer aufzustellen. Indessen können etwa folgende Zahlen als maßgebend angesehen werden.[2])

Im Jahre 1500 stellten dar: 32 Eisenhütten mit 34 Rennfeuern 800 t schmiedbares Eisen, im Jahre 1600: 33 Eisenhütten mit 6 Hochöfen, 40 Renn- und Frischfeuern 1500 t schmiedbares Eisen und 150 t Gußwerk, 1700: 13 Eisenhütten mit 14 Hochöfen und 23 Frischfeuern 3000 t schmiedbares Eisen und 780 t Gußwerk, 1800: 20 Eisenhütten mit 22 Hochöfen und 35 Frischfeuern 4300 t schmiedbares Eisen und 1600 t Gußwerk.

Was nun im Einzelnen das Hüttenwerk Thale am Ausfluß der Bode aus dem Gebirge betrifft, so blieb die Familie von Benninghaus im Besitz des Werkes bis zum Jahre 1862. In dem Anfange des 5. Jahrzehnts betrieb ein Herr von Benninghaus 4 Frischfeuer. Das Roheisen wurde nicht in Thale erzeugt, sondern von demselben Besitzer gehörigen Hochöfen in Rottleberode durch Fuhrwerke herangeholt, da die Hochöfen, welche früher in Thale bestanden hatten, längst wegen Mangel

[1]) Vergl. des Verfassers Aufsatz: „Beiträge zur Geschichte des Eisenhüttenwesens im Harz“ in der Zeitschrift des Harzvereins, XIV. Jahrg. 1881.

[2]) Vergl. Beiträge zur Geschichte des Eisenhüttenwesens im Harz. S. 549.

an geeigneten Erzen bereits eingegangen waren. Die Produktion dieser 4 Frischfeuer betrug in 24 Stunden etwa 800 kg, und zur Weiterverarbeitung des Eisens waren 10 Schwanz- und Fallhämmer vorhanden, die alle durch Wasserräder betrieben wurden. Man machte Achsen, Bleche, Stabeisen und Radreifen für Landfuhrwerke usw. Im Jahre 1845 wurden täglich 20 bis 25 Stück Achsen hergestellt. Außer einer Achsen-Dreherei hatte das Werk noch eine Werkstatt zur Herstellung von Nägeln, sogenannten Brettnägeln, ferner eine Blechwalze und bereits ein Blech-Emaillierwerk. Walzte man anfangs schon stärkere Bleche, sogenannte Preßbleche für Zuckerfabriken, so schmiedete man die dünneren Bleche nur mit dem Hammer. Es wurden dabei 4 Stäbe, je von etwa 100 mm Breite und 25 mm Dicke auf einander gelegt, zuerst unter einem Hammer mit schmaler Bahn gebreitet und gestreckt, dann unter einem Hammer mit breiter Bahn geschlichtet. Die so hergestellten Bleche waren etwa 0,5 m breit und 1 m lang und wurden lange Zeit den gewalzten Blechen, wegen der größeren Güte, vorgezogen. Aus diesen Blechen stellte man Nägel und Kochgeschirre her. In der Nagelfabrik wurden mit etwa 12 Nagelmaschinen die Nägel aus Blechstreifen geschnitten und dann die Köpfe von Hand angestaucht. Die aus Blech hergestellten Kochgeschirre verstand man nur innen zu emaillieren und zwar mit zweimaligem Auftrag. Die äußere Seite und der Rand der Geschirre wurden mit schwarzer Farbe angestrichen.

Die Frischfeuer, die Hämmer, die Achsenwerkstatt und die Nagelfabrik lagen an dem jetzigen Obergraben in der Gegend des ältesten Teiles der heutigen Eisengießerei; das Walzwerk und die Geschirrfabrik etwas unterhalb der heutigen Brauerei.

In dem Betriebe waren etwa 145 Arbeiter beschäftigt. Zur Bewegung diente nur Wasserkraft.

Unter den Söhnen des Bergrats von Benninghaus geriet das Werk in Liquidation und gelangte im Jahre 1862 in die Hände eines Herrn Soltmann, der es verstand, durch Heranziehung von tüchtigen Fachleuten den Weiterbetrieb zu ermöglichen.

Einst lagen die natürlichen Grundlagen des Hüttenbetriebes in der unmittelbaren Nähe von Erz, Brennstoff und dem Vorhandensein von Betriebskräften. Erz wurde in Tiefenbachthal gebrochen, Brennstoff lieferte der umgebende Wald, Betriebskräfte die Bode an der noch heute benutzten Stelle. Für den Beginn waren somit die günstigsten Bedingungen gegeben, doch als mit dem Ersatz der Holzkohlen durch die Steinkohlen der Kokshochofen- und Puddelprozeß die mit Holzkohlen betriebene Industrie in den Hintergrund drängte, zeigten sich die Grundlagen als unausreichend, die Erzlagerstätten waren zu gering, um die Umwandlung in den Kokshochofenbetrieb auf die Dauer lohnend zu gestalten. Zur Weiterführung des Betriebes mußten vielmehr die Rohstoffe Roheisen und Alteisen, bezogen werden, welche dann in Holzkohlen-Frischfeuern in schmiedbares Eisen umgewandelt und durch mit Wasserkraft betriebene Hämmer und Walzen zu Fertigfabrikaten verarbeitet wurden. Diese Fabrikate, wie Achsen, Beile, Äxte, Schaufeln, Bleche hatten wegen ihrer hervorragenden Güte einen weitverbreiteten Ruf. Der 1872 gebildeten Aktien-Gesellschaft war es vorbehalten, durch verbesserte Verkehrswege, vor allem durch den Ausbau des Eisenbahnnetzes unterstützt, das Werk zur Steinkohlenindustrie überzuführen, indem dieselbe ein Puddelwerk, Stabeisenwalzwerk und Blechwalzwerk erbaute. Doch auch diese neu geschaffene Grund-

lage wurde unerwartet in dem kurzen Zeitraum von kaum zehn Jahren durch die gewaltige Umwälzung, welche sich durch den Flußeisenprozefs in der Eisendarstellung vollzog, unbrauchbar. Die durch den Flußeisenprozeß ermöglichte Massenfabrikation, machte das Puddeln sowie die Schweißeisenfabrikation unrentabel. Neue Daseinsbedingungen mußten daher für dieses Werk geschaffen werden, welche in richtiger Erkenntnis der Verhältnisse in der Veredlung und Verfeinerung der rohen Waren gefunden wurden. Bei der Umgestaltung der Betriebe wurden nunmehr als Sondererzeugnisse des Werkes geschmelzte (emaillierte) Gußwaren, gestanzte und emaillierte Blechwaren in den Vordergrund gestellt. Das Hauptrohmaterial für die Fertigfabrikate war jetzt basisches Flußeisen geworden, welches von westfälischen Hüttenwerken in Form von Platinen bezogen werden mußte. Die bei der Fabrikation entfallenden Abfälle, die im Jahre 1898 etwa 6000 t betrugen, wurden wieder an westfälische Martinwerke mit einer Frachtbelastung von rund 20 % des Marktwertes = ℳ 10,— auf 1 t verkauft.

Infolgedessen wurde die Schweißeisendarstellung eingestellt und im Jahre 1899 damit begonnen, ein Martin- und Blechwalzwerk zu errichten und im Anschluß daran, die vorhandenen Blechwalzwerke auszubauen. Die neue Anlage wurde im Jahre 1900 dem Betrieb übergeben. Durch diese Ergänzung der Betriebsanlage ist ein in sich geschlossener Gesamtvorgang der Eisendarstellung zur Durchführung gelangt, wodurch das Werk auch von den großen Flußeisenwerken des westfälischen Industriebezirks unabhängig gemacht worden ist.

Gegenwärtiger Umfang.[1])

Das Werk besteht nunmehr aus folgenden Hauptanlagen:

1. Flußeisen- (Martin-) und Walzwerk,
2. Maschinenfabrik und Eisengießerei mit einer Abteilung für emaillierte Gufswaren,
3. Blechwarenfabrik mit Schmelzwerk (Emaillierwerk).

Die Anlagen liegen unmittelbar neben einander, haben jedoch vollständig getrennte Fabrikationen und umfassen eine Fläche von rund 63 Morgen.

Das Flufseisen- und Walzwerk.

Diese Abteilung besteht aus dem Martinflußeisenwerk, dem Blockwalzwerk und den Feinblechwalzwerken.

Das Martinwerk besitzt zwei basische Öfen, die anfänglich für Einsätze von 25—30 000 kg bestimmt waren, aber allmählich, entsprechend den Fortschritten in der Technik, vergrößert wurden und gegen Ende des Jahres 1903 eine Einsatzfähigkeit von 55 000 kg für einen Satz erhalten haben.

Die Öfen werden mit Steinkohlen-Luftgas, das in runden, schachtförmigen mit Ventilatorwind betriebenen Vergasern erzeugt wird, geheizt. Die Öfen sind aus der

[1]) Nach den gütigen Mitteilungen der Hüttenwerksverwaltung, welche unter der Leitung des Herrn Kommerzienrats Claus in Berlin steht.

Erde hoch hervorragend angeordnet, sodaß die Kammern fast vollständig über der Hüttensohle liegen. Durch diese Anordnung sind die Öfen und auch die Gas- und Luftzuführungsventile bequem zugängig. Die Arbeitsbühne vor den Öfen liegt etwa 4 m über dem Flur der Gießhalle. Die Rohmaterialien werden mittelst eines hydraulischen Aufzuges von 10 000 kg Tragfähigkeit nach der Ofenbühne geschafft. Zum Beschicken der Öfen dient eine elektrische Maschine.

Ein Martinofen erzeugt jetzt in 24 Stunden bei vier Schmelzungen rund 50 000 kg Flußeisen in Blöcken von etwa 850 kg Stückgewicht. Die Produktion eines Ofens beträgt somit in 24 Stunden 200 000 kg oder im Jahr 60 000 t. Unter Berücksichtigung der an den Öfen von Zeit zu Zeit notwendig werdenden Reparaturen ist die größte Produktionsfähigkeit der Martinanlage im Jahr indessen nur 90 000 t.

Das Flußeisen wird in eine an einem elektrischen 65 t Deckenlaufkran hängende Gießpfanne abgelassen und zu Blöcken vergossen. Zur Bedienung der Gießgrube ist ein hydraulischer Drehkran von 4000 kg Tragfähigkeit vorhanden. Der Gewichtsakkumulator ist so beschwert, daß das Wasser unter einem Druck von 50 Atm. steht. Von dem Akkumulator erhalten übrigens noch mehrere hydraulische Aufzüge, so auch die Zylinder zum Bewegen der Martin-Ofentüren, das Druckwasser. Die Akkumulatorenpumpe wird durch einen elektrischen Motor von max. 100 PS angetrieben.

Die Rohmaterialien für den Siemens-Martin-Prozeß sind Roheisen und Alteisen (Schrott). Ersteres, von dem nur 20—22 % gebraucht werden, muß noch weiterhin von Westfalen, als der nächsten Bezugsquelle bezogen werden; dagegen ist der Schrott, von dem etwa 50 % des Bedarfs aus eigenen Betrieben entfallen, in genügender Menge aus Mitteldeutschland zu erhalten.

Die Erzeugnisse des Martinwerks sind Flußeisen-Blöcke in weicher, für Stanz- und andere Qualitätsbleche wie auch für Dynamobleche geeigneter Beschaffenheit. Die Zerreißprobe dieses Materials muß folgende Resultate zeigen:

35 38 % Bruchfestigkeit,
30 - 35 % Dehnung,
etwa 60 % Kontraktion.

Die chemische Zusammensetzung muß sein:

0,05—0,08 % C
unter 0,03 % P
0,25—0,35 % Mn
höchstens Spuren von Silicium.

Die Vergaseranlage des Martinwerks besteht aus fünf freistehenden, runden Zylindern von 2 m lichter Weite und 4,8 m lichter Höhe, die mit Ventilatorunterwind von 80 mm Wasserdruck-Pressung betrieben werden. Der Rostraum ist mittelst Blechmantels und Wasserverschlusses geschlossen. Der Unterwind wird von einem mit einem 20 PS Elektromotor angetriebenen Ventilator von 1000 mm Flügeldurchmesser erzeugt. Die tiefer als die Martinofenbühne liegenden Vergaser sind mit einem auf Säulen ruhenden, von allen Seiten bequem zugänglichen Gaskanal verbunden und können durch ein Abschluß-Teller-Ventil von diesem einzeln abgestellt werden. Dieser Gaskanal ist mit der unter der Ofenbühne liegenden 3 m weiten Gasleitung verbunden. Die beim

Digitized by Google

Reinigen der Vergaserroste entfallenden Schlacken werden mittelst eines hydraulisch betriebenen Aufzuges von 1500 kg Tragfähigkeit auf die Hüttensohle gehoben und von hier zur Halde geschafft.

Eine Anlage zum Brennen, Zerkleinern und Mischen der Dolomitmasse ist unmittelbar mit dem Martinwerk verbunden. Der maschinelle Antrieb dieser Anlage wird durch einen 60 PS Elektromotor bewirkt. Vorhanden ist ein Dolomitbrennkuppelofen der in 24 Stunden 8000—10 000 kg gebrannten Dolomit liefert. Die Dolomitsteine, welche aus dem Harz stammen, und den zum Brennen erforderlichen Koks schafft ein Gichtaufzug von 1000 kg Tragfähigkeit nach der Aufgebebühne. Der unten aus dem Ofen gezogene, gebrannte Dolomit wird in einer belgischen Mühle in erbsengroße Stücke zerkleinert und mittelst eines Becherwerkes nach einem hochliegenden Sammelkasten geschafft. Die Ausbesserungen an dem Ofen werden mit trocken gemahlenem Dolomit bewirkt Soll der Dolomit dagegen zum Aufstampfen eines neuen Herdes mit heißem Teer gemischt werden, so wird er in einer Mischmaschine, die mit Dampf geheizt ist, innig vermischt.

Unter einem Dampfhammer von 200 kg werden die Probestäbe ausgeschmiedet.

Die Blöcke werden noch glühend auf Wagen nach dem Block- und Platinenwalzwerk geschafft. Hier werden dieselben vor dem Auswalzen in einem 12 m langen Rollofen gleichmäßig erwärmt. Am oberen Ende wird der Ofen mittelst eines hydraulischen Hebetisches von 1000 PS Tragfähigkeit mit kippbarem Tisch beschickt. An der Feuerbrücke werden die schweißwarmen Blöcke durch Winden aus dem Ofen gezogen und der Walzstraße zugeführt.

Das Walzwerk ist ein Triowalzwerk, bei dem das Vorgerüst mit Dampfhebetischen und das Fertiggerüst mit einer Dachwippe ausgerüstet ist. Die Walzstraße wird von einer doppelt wirkenden Tandem-Walzenzugmaschine mit Ventilsteuerung (Patent König) und Einspritzkondensation angetrieben. Die Maschine leistet bei 10 Atm. Admissionsspannung und 85 Umdrehungen der Kurbelwelle in der Minute 1000 ind. PS. Die Leistung kann bis 1200 ind. PS gesteigert werden. Der Hochdruckzylinder hat einen Durchmesser von 650 mm, der Niederdruckzylinder einen solchen von 1100 mm, der Kolbenhub beträgt 1200 mm. Die Maschine arbeitet mit überhitztem Dampf von 300—330° C. Zum Ein- und Auslegen der Block- und Platinenwalzen ist ein Bockkran mit Handbetrieb von 7500 kg Tragkraft aufgestellt. Der Blocklagerplatz in der Nähe des Rollofens wird von einem elektrischen Laufkran von 3000 kg Tragfähigkeit bestrichen.

An das Block- und Platinenwalzwerk schließt sich ein Feinblechwalzwerk an, das mit ersterem in einer Halle von 160 m Länge und 40 m Breite untergebracht ist. In dieser Halle sind drei Blechwalzenzugmaschinen mit vier Walzwerken, bestehend aus je einem Vorwalzen- und einem Fertigwalzengerüst, also zusammen 12 Walzwerke vorhanden. Die Walzenzugmaschinen sind liegende, Schmidtsche Heißdampfmaschinen, die bei 11 Atm. Admissionsspannung und 95 Umdrehungen der Kurbelwelle in der Minute bis zu 850 ind. PS leisten; dieselben sind als Zwillings-Verbundmaschinen mit Ventilsteuerung und Einspritzkondensation ausgeführt. Die Walzenstraßen werden

mittelst Hanfseile angetrieben. Die Maschinen arbeiten mit überhitztem Dampf von 325—350° C. Zum Betriebe der Blockwalzenzugmaschine, sowie der drei Blechwalzwerkmaschinen sind zehn Cornwallkessel vorhanden.

An diese Walzwerkshalle schließt sich eine zweite Feinblechwalzwerkshalle von 100 m Länge und 45 m Breite an. Hier liegen zwei Blechwalzenzugmaschinen mit je vier Walzwerken. Beide Maschinen sind ebenfalls liegende Schmidtsche Heißdampfmaschinen mit einer Leistung bis je 1250 PS. Die Walzenstraßen werden auch hier mittelst Hanfseile angetrieben. Zum Betriebe dieser Maschinen sind vier Einflammrohr-Cornwallkessel mit je 80 qm Heizfläche der Kessel, 60 qm Heizfläche der Überhitzer und 75 qm Heizfläche der Ekonomiser vorhanden. Die Kessel, sowie die zum Betriebe der Walzwerksanlage nötigen 32 Blechwärm- und Glühöfen werden mit Steinkohlen-Luftgas (Generatorgas) geheizt.

In den Blechwalzwerken werden nur Feinbleche von 0,2 – 4,0 mm Dicke, bis zur größten Breite von 1,5 m und bis zur größten Länge von etwa 6,0 m hergestellt. Ein großer Teil der Produktion von über 15 000 000 kg im Jahr, wird in den eigenen Abteilungen — der Geschirrfabrik — zu emaillierten, verzinnten und verzinkten Geschirren und sonstigen Blechwaren weiter verarbeitet. Diese Bleche sind ein- oder zweimal dekapiert, d. h. in verdünnter Schwefelsäure gebeizt, von Zunder befreit und danach in geschlossenen gußstählernen Kästen unter möglichstem Luftabschluß geglüht.

Die Produktionsfähigkeit der gesamten Feinblechwalzwerksanlagen ist nach vollendetem Ausbau der Walzwerke im Jahr rund 55 000 000 kg Feinbleche, meist in Stärke unter 1,0 mm.

Die Bleche, die in eigenen Werkstätten verarbeitet werden sollen, werden den betreffenden Abteilungen auf Schmalspurgleisen zugeführt, dagegen gelangen alle Bleche, die versandt werden sollen, zuerst in das Blechmagazin, wohin ein eigenes Verladegleis geführt ist, sodaß die Bleche unter Dach in die Eisenbahnwagen geladen werden können.

Die Bleche kommen teils in Ronden, teils in Tafeln geschnitten zur Ablieferung.

Zum Zusammenfalten der Bleche, wie es für das Auswalzen der dünnen Nummern erforderlich ist, sind in unmittelbarer Nähe der Walzenstraßen 14 Dublirmaschinen vorhanden.

Zwei durch Riemen angetriebene Packetiermaschinen (liegende Spindelpressen) bündeln die entfallenden Blechabfälle, um sie für die Verarbeitung im Martinwerk handlich zu machen.

Zum Reinigen der Bleche sind in der ersten Blechwalzwerkshalle drei mechanische Beizvorrichtungen vorhanden, bei denen die Bleche in der Beizflüssigkeit, wie auch nachher in den Spülkästen, auf- und abbewegt werden.

Zur Bedienung der Glühöfen sind zwei elektrisch angetriebene Laufkräne vorhanden, von denen der eine 15 000 kg, der andere 10 000 kg Tragfähigkeit besitzt.

Zur Instandhaltung der Walzwerkanlagen sowie zur Ausführung der an den Maschinen auftretenden Reparaturen ist in dem Walzwerk noch eine besondere Reparaturwerkstätte eingerichtet.

Digitized by Google

Die Blechwarenfabrik mit Schmelz-(Emaillier-)Werk und Fafsfabrik.

Diese Anlage besteht aus Stanzwerk, Maschinenklempnerei, Schwarzblechklempnerei, Anschlägerei für rohe Geschirre, Beize mit Mühle, Emaillierwerk, Weißblechklempnerei mit Anschlägerei fertiger Geschirre und Faßfabrik.

a) Stanzwerk.

Das Stanzwerk, in welchem täglich 20 000 kg oder 80 000 Stück gestanzte und gedrückte Körper hergestellt werden, hat zu dieser Fabrikation mannigfaltige Schnitt-, Stanz- und Drückwerkzeuge nötig. Zu den ersteren gehören zwei Trennscheren, vier Kreisscheren, eine große, vier kleine Schnittpressen und eine Ovalschere, auf welchen die Platten und Ronden, welche durch Ziehpressen zur weiteren Verarbeitung gelangen, ausgeschnitten werden. Zu den Drückwerkzeugen gehören zwei hydraulische Ziehpressen, auf welchen Ronden bis zu 1,5 m Durchmesser und 4 mm Stärke, vorwiegend zur Faßfabrikation, gezogen werden. Für jede Ziehpresse ist eine hydraulische Pumpe erforderlich, welche durch einen elektrischen Motor von 30 PS angetrieben wird und täglich 2000 Drücke ausführt. 38 Kniehebel und Kurbelziehpressen sind imstande, mit Hilfe von zwei großen und drei kleinen Friktionspressen, die Produktion bequem auszuführen. In einer Doppelschicht können von sämtlichen Ziehpressen 260—300 000 Drücke erreicht werden, da für ein Geschirr 1—10, im Durchschnitt viermaliger Druck erforderlich ist. Zur Beseitigung der Spannungen sind zwei Glühschächte und drei Glühöfen aufgestellt. Erstere arbeiten mechanisch mit ununterbrochenem Betrieb. In den Glühschächten sind die Körbe, in welche die zu glühenden Gegenstände gelegt werden, derartig angebracht, dafs sie, ohne einander zu berühren, den Ofen mit Hilfe von Ketten durchkreisen. Die Heizung erfolgt durch Steinkohlenkoks und die Bewegung durch elektrische Kraft.

Das Fassonieren wie Einziehen, Glätten, Umlegen und Drücken, durch welches den Gegenständen die Form verliehen wird, erfolgt auf 24 Planier- und Glättbänken. Danach werden die Geschirre auf zwölf Maschinen mit kleinen Exzenterscheren am Rande beschnitten und dann werden die Ränder umgelegt. Es sind 48 Rund- und drei Ovalwerke aufgestellt.

Die rohen Geschirre kommen zum Prüfungsraum. Hier werden sie sortiert und später an das Emaillierwerk oder die Verzinnerei abgegeben. Zu den verzinnten Geschirren gehören fast ausschließlich Milchtransportkannen, welche aus einem Stücke gestanzt werden.

Eine besondere Abteilung ist mit der Anfertigung von Kannen, Kesseln, Krügen, Milchkochern und Schaffnerkrügen aus einem Stück beschäftigt und hat hierzu zwölf Druckbänke, vier Bördelbänke und eine Schnittpresse zum Ausschneiden der Ausgüsse und Pfeifen. Zwei Packetiermaschinen besorgen mittelst Spindeldruck das Zusammenpressen der hier vorkommenden Abfälle für die Martinöfen.

Für die angegebene Produktion ist ein Blechbestand von 1 500 000 kg Ronden und Tafeln erforderlich.

In enger Verbindung mit dem Stanzwerke steht die Aluminiumabteilung, in welcher Ausrüstungsgegenstände, wie Kochgeschirre und Feldflaschen, für das Militär hergestellt werden. Die jährliche Produktion dieser Abteilung beläuft sich auf durchschnittlich 50 000 Stück. Die Gegenstände werden auf Ziehpressen gestanzt und auf sieben Druckbänken, vier Polier- und Bundmaschinen, zwei Ovalbänken und drei Pressen fertiggestellt und dann auf einer Druckpumpe geprüft. Nach der Reinigung und Trocknung werden die Gegenstände mit einem feuerfesten Lacküberzug versehen und in einem Ofen scharf gebrannt, um den Lack gegen Feuchtigkeit widerstandsfähig zu machen.

b) Maschinenklempnerei.

In dieser Zweigabteilung werden vorwiegend die Beschläge und Zargen für die einzelnen Geschirre hergestellt, welche später in der Schwarzblechklempnerei gefalzt, angeschlagen und auf diese Weise zur Fertigstellung gelangen. Zwei große Anschneidemaschinen ermöglichen es, in einer Schicht rund 8000 Stück Eimer-, Wannen- oder Kannenzargen herzustellen. Zum Ausschneiden von Eimerfüßen und Seifenbecken, sowie zum Lochen von Durchschlägen sind drei Ausschneidemaschinen erforderlich, welche in der Schicht entweder 2250 kg Eimerfüße oder 12 000 Stück Seifenbecken oder 6000 Stück Durchschläge gelocht liefern. Eine Schnittpresse dient zum Ausschneiden der Eimerböden, und liefert in der Schicht 5000 Stück Siebe und Griffe, welche früher aus Bandeisen angeschmiedet wurden, jetzt aus starkem Blech auf einer Schnittpresse, die 800 kg in zehnstündiger Schicht fertigstellt, ausgeschnitten werden.

Scheren dienen zum Ausschneiden aus den Blechtafeln und Friktions- und Fallhämmer zum Vorstanzen und Kröpfen.

Eine Menge von Sonderwerkzeugen mit mechanischen Antrieben führen die Einzelarbeiten aus.

c) Schwarzblechklempnerei.

In dieser Anlage, welche sich über dem Stanzwerke befindet, werden täglich 10 000 kg Geschirre mit 72 Sondermaschinen fertiggestellt.

Die Leistungsfähigkeit der hiermit verbundenen Eimerfabrikation beträgt bis zu 6000 kg.

d) Anschlägerei roher Geschirre.

In der Anschlägerei für rohe Geschirre befinden sich die Maschinen, um die Geschirre fertig zu gestalten; so vier Abkantmaschinen, zum Umlegen der Blechhenkel, mit je 3000 Stück Tagesproduktion, zwei Schraubenpressen, zum Drücken von rund 6000 Blechhenkeln und zum Aufziehen von 900 Ringen am Tag. Ferner Lochmaschinen, Putztrommeln und Glühschächte.

e) Beize mit Mühle und Schmelzwerk.

In der Beize werden die Geschirre, welche im Schmelz- oder Emaillierwerk gebrannt oder in der Verzinnerei verzinnt werden sollen, durch den Beizprozeſs von Schmutz, Öl und Eisenoxyd gereinigt. Dieses Beizen erfolgt mittels Schwefel- oder Salzsäure in drei Beizanlagen. Durch je ein Pumpwerk wird jede dieser Beizen in und außer Tätigkeit

Digitized by Google

gesetzt, indem das eine Bassin entleert, das andere gefüllt wird. Aus den jeweils entleerten wird das gebeizte Geschirr herausgenommen und durch ungebeiztes ersetzt; es werden auf diese Weise täglich rund 50 000 kg Geschirre gebeizt. Nach erfolgtem Beizen mufs die noch anhaftende Säure entfernt werden. Dies geschieht mit Hilfe von Sodawasser, worauf eine schnelle Trocknung im Ofen erfolgt. Sind die Beulen, welche bei diesen verschiedenen Vorgängen unvermeidlich entstehen, im Ausbeulraume entfernt, so kommen die Geschirre in das Emaillierwerk. Die Herstellung des Schmelzes (der Emaille) erfolgt ganz im Werke: Die Gesteine, Quarz, Feldspat, Flußspat, Braunstein, sowie Salze, Salpeter usw., werden durch einen Kollergang, vier Trockenmahlgänge und zwei Kugelmühlen zu feinem Mehlstaub verarbeitet, dieser wird in der Mischkammer, je nach der Farbenzusammenstellung und den Anforderungen an die Haltbarkeit der Emaille, zusammengesetzt. In drei Öfen mit Siemens'schen Wärmespeichern werden die Mischungen niedergeschmolzen und nach Fertigstellung des Einsatzes von je 8 t in kaltes Wasser abgelassen. Die so spröde gewordene Emaille wird in sechs Kugelnaßmühlen und 58 nassen Granitsteinschleifmühlen zu einer breiartigen Masse zerkleinert und in diesem Zustande auf die rohen Geschirre aufgetragen. Für Teller und Waschbecken sind vier automatische Werke aufgestellt, die diese Arbeit vollkommen selbsttätig ausführen und die Geschirre bis zum Trockenofen befördern. Auf diesen Maschinen werden in der Schicht rund 40 000 Stück Geschirre emailliert und durch die Trockenöfen geschickt. Eine Transportbahn bewirkt die Zuführung des Schmelzbreies. Mechanisch bediente Öfen trocknen und befördern die mit Auftrag versehenen Geschirre zu den Brennöfen, wo dieselben zum ersten Male gebrannt werden. Eine elektrische Untergrundbahn, von Siemens & Halske erbaut, befördert die Geschirre von hier zum Grundemaillelager, hier werden dieselben mit der Fertig-Emaille versehen, langsam getrocknet und durch Seil und Schaukeltransporteure zu den Fertigbrennöfen gebracht. Diese, sowie die Öfen für die Grundemaille sind Doppelmuffelöfen mit 4,4 m Muffellänge, bei denen von beiden Seiten gefeuert wird. Zwei Vergaseranlagen mit 23 runden Vergasern für je 3000 kg Kohle am Tag mit Ventilatorwind unter Wasserdampfzusatz, liefern das erforderliche Gas. Jeder Ofen ist in der Lage 5—6000 kg Geschirre fertig zu brennen. Zur Gewinnung von Zinnoxyd sind vier Öfen im Betriebe, welche von den Vergasern ebenfalls mit Gas versehen werden und täglich 400—500 kg Zinnasche liefern. Die Erzeugung des Dampfes, welcher in der Beize zu den Trockenöfen sowie bei den Vergasern gebraucht wird, geschieht durch vier Steinmüller-Kessel von zusammen 666 qm Heizfläche.

Die Beförderung des fertigen Geschirres vom Emaillierwerk nach dem Magazin geschieht mittels Holzkörben, welche an besonderen Stellen zu Laufringen hochgezogen und auf Schienen fortbewegt werden. Das Magazin ist ein Shedbau mit 150 000 bis 200 000 kg Fassungsvermögen. Von hier aus kommen die Fabrikate zum Versand.

f) Weißblechklempnerei und Fertiganschlägerei.

Hier werden die Kleinigkeiten, wie z. B. Bügel usw. hergestellt und dem Geschirre angeschlagen. 18 Sondermaschinen besorgen das Pressen, Abkanten, Sicken, Wulsten, Schweifen usw.

g) Die Reparaturwerkstatt.

Die in der Geschirrfabrik vorkommenden Reparaturen werden hier unter Benutzung von 13 Maschinen (Drehbänken, Schleifmaschinen, Sägen usw.) und von drei Schmiedfeuern ausgeführt.

Die Fafsfabrik.

In der Fafsfabrik werden alle Arten von geschweißten und gestanzten Fässern, in roher, verzinnter, verzinkter und gestrichener Ausführung hergestellt. Das Schweißverfahren ist von einer belgischen Firma durch Lizenz erworben worden. Es liefert an den Schweißstellen dieselben Festigkeiten, welche das volle Blech besitzt.

Elf Maschinen und Öfen besorgen die übrige Arbeit.

Zum Verzinken dienen eine kleine Beizanlage und zwei Verzinköfen mit 1600 und 800 kg Einsatz.

Eisengiefserei mit Guſs-Emaillierwerk und Maschinenfabrik.

Eisengießerei.

In dieser Abteilung werden vornehmlich emaillierte Gußwaren als: emaillierte Sanitätsutensilien, Badewannen und Wascheinrichtungen, ferner Kanalisationsartikel, Abflußröhren usw. erzeugt.

Die Herstellung der Formen für diese Gegenstände findet in zwei großen Hallen statt, von welchen die eine, ältere, 4000 qm, die andere, neuere, 4200 qm umfafst.

Zum Schmelzen des Roheisens dienen in der ersteren Halle drei Kuppelöfen, von denen jeder imstande ist, stündlich bis zu 2500 kg flüssiges Eisen zu liefern. Sie erhalten den Wind von vier Roots-Gebläsen, welche durch zwei Elektromotoren von je 20 PS angetrieben werden. In der zweiten Halle sind zwei, je stündlich bis zu 3000 kg geschmolzenes Eisen liefernde Kuppelöfen eingebaut, für welche ein durch einen 23pferdigen Elektromotor angetriebenes Root-Gebläse vorhanden ist.

Eine Gelbgießerei mit Tiegelofenbetrieb liefert Lagerschalen und ähnliches in Messing, Rotguß und Phosphorbronze.

Kerne usw. werden in sieben dazu erbauten Herden getrocknet. Zum Schwärzen der hergestellten dünnwandigen Gufsrohre dient ein Schwärzofen. In demselben werden die Röhren gewärmt und nachdem dieselben dann in eine Mischung von Teer und Asphalt getaucht sind, erhalten sie durch die festgebrannte Masse einen ausgleichenden Überzug, der das Gußstück gegen Rosten schützen soll.

Zum Putzen sind ebenso wie für den Transport die nötigen maschinellen Vorrichtungen aufgestellt.

Die Gesamtproduktion beträgt im Monat rund 550 000 kg oder im Jahre rund 6 600 000 kg. An Badewannen werden allein täglich 20 Stück versandt.

Gußemaillierwerk.

In dieser Anlage werden die gußeisernen Gegenstände, wie Badewannen, Waschkessel, Ausgüsse usw. mit einem Schmelzüberzug versehen.

Digitized by Google

Vor dem Emaillieren werden die Gußstücke in aus Sandstein hergestellten Säurebecken mit Schwefelsäure gebeizt. Zum Neutralisieren und Abwaschen der Säure sind zwei Sodabecken aus Sandstein aufgestellt und in vier gußeisernen Wachkästen werden die Gegenstände sodann mit Hilfe von Bürsten gewaschen. Nach dem Auftragen der Emaille werden die Gegenstände in einem Trockenofen getrocknet und darauf in Muffelöfen, von denen drei Stück aufgestellt sind, gebrannt.

Maschinenfabrik.

Die Maschinenfabrik ist den Bedürfnissen des Werkes entsprechend mit 80 verschiedenen Werkzeugmaschinen ausgerüstet und dient als Bearbeitungsstätte für die Gufswaren, aber auch als Werkstätte für kleinere Neuanlagen, Bau von Spezialmaschinen und für die vorkommenden Erneuerungen.

49 Maschinen bedienen dieselbe, ein Laufkran von 6000 kg Tragkraft mit elektrischem Antrieb ist in der Höhe von 10 m auf Laufschienen angeordnet.

Die zugehörige Tischlerei, welche die Modelle anzufertigen und die Badewannen mit polierten Holzrändern einzufassen hat, ist mit weiteren sechs Maschinen ausgerüstet.

Durch 4860 m Schmalspurgleis von 450 mm Spurweite sind die einzelnen Werkstätten und Abteilungen miteinander verbunden. Auf Normalspurgleisen werden die einzelnen Wagen der Staatsbahn durch Lokomotiven in das Werk befördert und auf einem 3687 lfd. Meter umfassenden Schienennetz den betreffenden Betrieben zugeführt.

Elektrische Zentrale.

Eine elektrische Zentrale dient dazu, das ganze Werk mit Energie zu versorgen. Schon in den Jahren 1883 und 1884 beschaffte sich das Werk eine elektrische Beleuchtungsanlage, welche den größten Teil der Werkstätten und die Fabrikhöfe mit Licht versorgte. Mit der Ausdehnung des Werkes wurde auch das Bedürfnis an Licht größer. In den Jahren 1896 und 1897 wurde mit der Einrichtung einer größeren elektrischen Zentrale, welche sämtliche älteren und neueren Werkstätten mit Licht und Kraft versehen sollte, begonnen. Mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse und die bereits vorhandene ältere elektrische Anlage wurde das Gleichstrom-Zweileitersystem mit 220 Volt Spannung im Netz gewählt.

Da das Hüttenwerk über eine Wasserkraft mit einer mittleren Leistung von rund 120 PS verfügt, wurde zunächst diese zur Erzeugung von elektrischer Energie benutzt. Zwei Turbinen von 80 und 40 PS Maximalleistung treiben zwei Dynamomaschinen mit einer Leistung von 220 und 110 Amp. bei 220 Volt Spannung und versorgen die Maschinenfabrik und einen kleinen Teil der Eisengießereien, sowie einen kleinen Teil des Blechwalzwerkes mit Licht und Kraft.

Um den übrigen, weitaus größten Teil des Werkes mit elektrischer Energie zu versehen, wurde alsdann, da die in der Turbinenstation erzeugte Energiemenge in den vorerwähnten Betrieben völlig verbraucht wird, eine größere elektrische Zentrale mit Dampfbetrieb errichtet. In der Zentrale können bis zu 1200 Kw. erzeugt werden. Zur Erzielung eines möglichst ökonomischen Betriebes wurden für den Antrieb der Dynamo-

Digitized by Google

maschinen Schmidtsche Heißdampfmaschinen vorgesehen. Von diesen Maschinen sind drei in liegender Anordnung und mit einer Normalleistung von 600 ind. PS vorhanden.

Den Dampf liefern sechs mit Gasfeuerung versehene Einrohr-Cornwall-Kessel mit je 50 qm Heizfläche, 42 qm Überhitzerfläche und 38 qm Ekonomiserfläche. Von der Zentrale erhalten in den verschiedensten Abteilungen des Werkes rund 92 Stück Motore ihre Energie. Etwa 170 Bogen- und über 6000 Glühlampen beleuchten die Werkstätten und Plätze des Werkes. Mehrere Erdkabel von 1800 m, Freileitungen von 14 920 m und Innenleitungen von 30 000 m Länge führen die elektrische Energie ihren Bestimmungsplätzen zu.

Ausdehnung des Werkes.

Von dem Hauptfertigfabrikat des Werkes, den emaillierten Geschirren, werden $^2/_3$ der gesamten Produktion exportiert. Die Hauptabsatzgebiete sind England, Nord-, Süd- und Mittelamerika, Australien, Afrika, Indien und China, sowie im übrigen alle zivilisierten Staaten der Welt.

Trotz mancher Ungunst der Verhältnisse, welche das Werk durch die raschen Fortschritte in der Technik der Eisendarstellung durchzumachen hatte, ist dasselbe seit den letzten 10 Jahren zu immer größerer Ausdehnung gelangt, wie dies aus der Zunahme der Arbeiterzahl, sowie aus dem Umfange seiner Sonderfabrikation hervorgeht. Während am Schlusse des Jahres 1880 die Arbeiterzahl 390 betrug und im Jahre 1898 rund 3300, ist die Zahl der beschäftigten Personen im Jahre 1903 auf 4200 angewachsen. Das Werk nimmt in der Sonderfabrikation der emaillierten Blech- und Gufswaren nach der Höhe der Erzeugnisse und des Umsatzes nicht nur die erste Stelle unter den deutschen Werken des Emailliergewerbes ein, sondern wird auch von keinem ausländischen Wettbewerb überflügelt.

An Wohlfahrtseinrichtungen für die Arbeiter besitzt das Werk außer der gesetzlich eingeführten Krankenkasse, Invaliditäts-, Alters- und Unfallversicherung eine Pensionskasse, welcher sämtliche Meister und Arbeiter vom Tage ihres Eintritts in das Werk angehören. Invaliden, Arbeiter und Meister erhalten aus dieser Kasse eine lebenslängliche monatliche Pension von 15 ℳ und den Witwen verstorbener Arbeiter, Meister und Pensionäre wird eine lebenslängliche monatliche Unterstützung von 10 ℳ gezahlt. Im letzten Jahre wurden an 41 Pensionäre 7380 ℳ und an 94 Witwen Unterstützungen im Betrage von 11 280 ℳ gezahlt. 50 % der Beiträge der Versicherten zahlt das Werk als Zuschufs zu dieser Kasse.

Ferner besitzt das Werk einen Arbeiter-Dispositionsfonds, der am Jahresschlufs durch Zuwendungen ergänzt wird, aus welchem langjährig beschäftigte Arbeiter und Meister, sowie bedürftige invalide Arbeiter und Witwen einen Zuschuß zu ihrer Pension oder Witwenunterstützung erhalten.

Das Werk besitzt außer einer Arbeiterkaserne, in welcher 400 unverheiratete Arbeiter Aufnahme finden und für geringe Vergütung Mittag- und Abendessen erhalten können, in unmittelbarer Nähe 30 Wohnhäuser, in denen Meister und ältere Arbeiter für geringes Entgelt gute und gesunde Wohnungen haben. Das in der Nähe

Digitized by Google

dieser Wohnungen unterhaltene Verkaufslokal gibt den Werksangehörigen alle Waren für den Haushalt zu Selbstkostenpreisen ab. Für diese Einrichtung zahlt das Werk jährlich bedeutende Zuschüsse.

Das Werk besitzt in seiner unmittelbaren Nähe ein eignes Krankenhaus, in welchem ständig ein Heilgehilfe Tag und Nacht anwesend ist, um bei Unglücksfällen die erste Hilfe zu leisten.

Eine Badeanstalt auf dem Werke steht allen Beamten und Arbeitern ohne Entgelt zur Verfügung.

Im Jahre 1900 hat der Vorstand des Werkes, Kommerzienrat Claus, aus Anlafs seines 25jährigen Jubiläums der Pensionskasse 5000 ℳ überweisen lassen. 10 000 ℳ sind aus Anlafs dieses Jubiläums als erster Beitrag zu einem Unterstützungsfonds für bedürftige Arbeiter gestiftet, mit der Bestimmung, dafs die Zinsen dieses Fonds an bedürftige Arbeiter, besonders vor Weihnachten, verteilt werden sollen.

Im Jahre 1904 hat der Vorsitzende des Aufsichtsrats des Werks, Kommerzienrat Hartmann in Berlin, anläfslich seines 80. Geburtstages 1000 ℳ zur Verteilung an notleidende Arbeiter gestiftet.

Eine Badeanstalt, inmitten der Gemeinde Thale, die Kommerzienrat Claus ebenfalls aus Anlafs seines Jubiläums mit einem Kostenaufwand von rund 40 000 ℳ erbauen ließ und als Geschenk der Gemeinde übergeben hat, kommt der Arbeiterschaft des Werkes und deren Angehörigen insofern zugute, als die Insassen des Ortes Thale, die zum größten Teil aus Hüttenarbeitern bestehen, für ganz geringe Vergütung Einzelbäder, Duschen und Wannenbäder erhalten können.

Den Arbeitern ist Gelegenheit geboten, ihre Mahlzeiten während der Pausen und bei kalter Jahreszeit in gut geheizten Speisesälen, welche reichlich mit Tischen und Bänken ausgestattet sind, einzunehmen.

Für jugendliche Arbeiter ist eine gewerbliche Fortbildungsschule errichtet, für die das Werk das Defizit deckt.

Zur vollkommenen Übersicht diene folgende Aufstellung:

Pferdestärke	8250 PS
Dampfmaschinen	10 Stück
Turbinen	3 Stück
Elektrische Zentrale	1920 PS
- -	1200 Kw
Kabellänge	1800 m
Lichtleitungen	44 920 m
Bogenlampen	170 Stück
Glühlampen	6000 Stück
Dampfkessel	24 Stück
Heizfläche derselben	3600 qm
Öfen insgesamt	117 Stück
Schmiedfeuer	15 Stück
Vergaser	66 Stück
Jahresproduktion an Feinblechen rund	55 000 t

Papierverbrauch im Jahr	270 000 kg
Länge der Normalschienengleise	3690 m
Länge der Schmalspurgleise	4860 m
Aufzüge	19 Stück
Tragkraft derselben	21 750 kg
Kräne und Hebezeuge	40 Stück
Gesamttragkraft der Kräne und Hebezeuge	164 900 kg.

Lage des Werkes.

Der Harz war wegen seiner romantischen Täler und seiner herrlichen Wälder zwar schon seit langer Zeit der Zielpunkt von Wanderern, aber erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, eigentlich erst nach der Einigung des Deutschen Reiches und seit dem ungeheuren Wachstum der Hauptstadt Berlin wurde er auch gleichzeitig eine vielbenutzte Erholungsstätte für die Städter, die in noch immer steigender Menge alljährlich in den Sommermonaten, namentlich zur Zeit der Schulferien, die Harzorte unter ihnen auch Thale, bevölkern.

Dafs sowohl die oft ihren Aufenthaltsort wechselnden Wanderer, als ganz besonders die längere Zeit an einem Orte verbleibenden Sommerfrischler am liebsten nichts von Gewerbebetrieb hören und sehen wollen, liegt nahe, aber sie sollten nicht vergessen, dafs der Harz seit Alters ein von Bergbau und Hüttenbetrieb durchzogenes Gebirge ist und dafs namentlich ein einmal angesiedelter Gewerbebetrieb sich nicht einfach verlegen läfst, um den vorübergehenden von dem Wunsche, frische Luft und reines Wasser zu genießen, beseelten Fremden Genüge zu schaffen.

So müssen sich solche Wünsche auch mit dem bestehenden Eisenhüttenbetriebe in Thale abfinden. Es liegt aber nahe, daß sowohl diejenigen, welche sich zum Genuß der Gebirgsluft nach Thale begeben, als diejenigen, welche aus diesen Ursachen eine reichliche Erwerbsquelle ziehen, versuchen, den bestehenden Gewerbebetrieb zu möglichster Einschränkung der von ihm ausgehenden Belästigungen durch Boden-, Rauch- und Wasserschäden anzuhalten. Bei diesen Bestrebungen hat man, wie überall, auch in Thale, oft über das Ziel hinausgeschossen. Man hat vergessen, wie vielen Arbeitern durch den Betrieb Gelegenheit zu lohnender Beschäftigung geboten wird und wie viele Handwerker ihr Brot finden in der Lieferung der Lebensbedürfnisse für diese Arbeiter, und wie daher jede Ausdehnung des Werkbetriebes nur eine Wohltat für den Ort ist.

Daß die Wünsche in beschränktem Maße aber gerechtfertigt seien, sah man auch von Seiten der Werksverwaltung in Thale ein, und im Folgenden soll gezeigt werden, was geschehen ist, um die Belästigungen durch Rauch und die Verschlechterung des Bodewassers zu verhindern.

Die Rauchfrage.

Die Darstellung der Entwickelung des gegenwärtigen Thaler Hüttenwerkes hat gezeigt, dafs eine der Grundlagen für die Anlegung an der Stelle, an der es sich noch befindet, die Wasserkraft der Bode war.

Digitized by Google

Dieses Flüßchen gibt indessen bei gutem Wasserstande höchstens 150 PS. Es ist erklärlich, daſs diese Naturkraft, trotz ihrer Billigkeit, bei der Ausdehnung des Werkes bald nicht mehr ausreichte und daſs man sich genötigt sah, trotz der Abgelegenheit von den Kohlenfeldern zur Dampfkraft seine Zuflucht zu nehmen.

Bis zum Jahre 1895 war der Bedarf an Betriebskraft bereits auf 1000 PS angewachsen, d. h. es war bereits die Wasserkraft weit in den Hintergrund gestellt, dann aber stieg der Bedarf bis zum Schlusse des Jahres 1903 auf mehr als 8000 PS.

Hatte man infolge der hohen Frachten, welche den Kohlenpreisen auf den Zechen gleichkamen, schon im eigenen Interesse auf möglichst geringen Kohlenverbrauch zu sehen, so ist doch bekanntlich die Kohlenersparnis durchaus nicht immer mit Vermeidung von Rauchentwickelung verbunden.

Man mußte daher nach beidem, Kohlenersparnis und gleichzeitig Vermeidung von Rauchentwickelung, trachten.

Die Wahl fiel auf Präzisions-Heißdampfmaschinen zur Herbeiführung eines möglichst geringen Dampfverbrauchs und damit eines kleinen Kohlenverbrauchs.

Das Werk hat jetzt neun solcher Dampfmaschinen, acht liegende Heißdampfmaschinen (Patent Wilh. Schmidt) und eine liegende doppeltwirkende Tandemmaschine von der Aschersiebener Maschinenbau-Aktiengesellschaft (vorm. W. Schmidt & Co.). Von den ersteren dienen drei Stück mit einer Höchstleitung von je 850 ind. PS und zwei Stück mit einer Höchstleistung von je 1250 ind. PS zum Antrieb von Feinblechwalzwerken mittelst Seilen. Die liegende doppeltwirkende Tandemmaschine hat eine Höchstleistung von 1200 ind. PS und ist mit dem Block- und Platinenwalzwerk direkt gekuppelt. Drei liegende Heißdampfmaschinen von je 750 PS Höchstleistung dienen zum Antrieb der Dynamos der elektrischen Zentrale. Die Heißdampfmaschinen sind als Zwillings-Verbundmaschinen mit Ventilsteuerung und Einspritzkondensation ausgeführt. Bauart und Konstruktion der Maschinen sind den Eigenschaften des überhitzten Dampfes angepaſst. — Den Dampf für die Maschinen liefern Cornwallkessel mit direkt dahinterliegenden Überhitzern und Ekonomisern (Patent Wilh. Schmidt). Der Dampf wird an den Kesseln auf 350—400° C. überhitzt und tritt mit 330—350° in die Zylinder ein. Infolge der hohen Überhitzung ist der Dampfverbrauch sehr niedrig; derselbe beträgt, wie eingehende Messungen ergeben haben, selbst bei der stark wechselnden Kraftentnahme der Walzenstraßen nicht mehr als 4,5 kg auf die ind. PS und Stunde. — Die sämtlichen Dampfkessel der Heißdampfanlage — es sind dies 21 Stück mit einer Gesamtheizfläche von 3155 qm einschl. der Heizfläche der Überhitzer und Ekonomiser — werden mit Steinkohlenluftgas geheizt. Die Konstruktion der Kessel geht aus beiliegender Zeichnung (Taf. I Fig. 1—6, sowie mit 4 Querschnitten auf Taf. II Fig. 7—10) hervor. Wie aus dieser Zeichnung ersichtlich, bestehen die Überhitzer und Ekonomiser aus einem System einzelner Spiralröhren, die in dem hinteren Teil des Kesselmauerwerks angeordnet sind. Auf jedem Kessel ist ein Speisewasservorwärmer angeordnet. Das obere Ende der in dem Vorwärmer befindlichen Heizschlange ist durch ein Rohr mit dem oberen Rohrstutzen des Ekonomisers, das untere Ende der Heizschlange auf dieselbe Weise mit dem unteren Rohrstutzen des Ekonomisers in Verbindung gebracht. Es findet somit in der Heizschlange des Vor-

wärmers und im Ekonomiser ein fortwährender Kreislauf des erhitzten Wassers statt. Das obere Ende der Heizschlange steht außerdem unmittelbar mit dem Dampfraum des Kessels durch ein Rohr in Verbindung, und es wird hierdurch bei Inbetriebnahme des Kessels das zum Heizen erforderliche Kondenswasser beschafft.

Die Heizgase durchziehen das vorn mit Schamottsteinen ausgefütterte Flammrohr, streichen dann unter dem Kessel entlang nach vorn und von hier aus zu beiden Seiten des Kessels wieder nach hinten, worauf dieselben den Überhitzer, sowie zum Schluſs den Ekonomiser durchstreichen und dann in den Fuchs und von hier in den Kamin gelangen.

In den Scheidewänden zwischen dem aus dem Flammrohr nach unten verlaufenden Zug und den seitlichen Feuerzügen sind verschließbare Öffnungen angeordnet. Werden die an Ketten aufgehängten Schieber, welche im normalen Betriebe diese Öffnungen verschließen, hochgezogen, so wird der Weg der Heizgase wesentlich verkürzt, da diese dann aus dem Flammrohr unmittelbar in den Überhitzer treten. Auf diese Weise kann die Überhitzung schnell auf die gewünschte Höhe gebracht werden. Sämtliche Kessel sind für einen Überdruck von 12 Atm. genehmigt.

Um die mit der Industrie unvermeidlich verbundenen Belästigungen soweit als möglich zu beseitigen, werden fast sämtliche Feuerstellen auf dem Werke mit Gas betrieben. Es werden daher außer den Dampfkesseln auch sämtliche Öfen der Walzwerke mit Gas gefeuert; es sind dies 22 Blech- und Platinenwärmöfen, 5 große Kastenglühöfen und 4 Platinenschweißöfen; 2 Rollöfen im Block- und Platinenwalzwerk, die dazu dienen, die aus dem Martinwerk kommenden, noch warmen Blöcke nachzuwärmen, sind mit einer Halbgasfeuerung (Patent Gasch), von der ebenfalls eine Zeichnung (Taf. III, Fig. 11—16) beiliegt, ausgeführt. Diese Feuerung ist, wie die Gasfeuerung, fast vollkommen rauchfrei; sie besteht aus zwei nebeneinanderliegenden Rosten, die abwechselnd mit Kohlen beschickt werden, sodaſs abwechselnd die hellere Flamme der einen Feuerung die rauchende Flamme der anderen vernichtet. Zur vollkommenen Verbrennung wird bei dieser Feuerung außerdem noch Ventilatorwind zugeführt, der in der Scheidewand hoch erhitzt wird und durch Öffnungen in dem Gewölbe sich mit den Gasen vereinigt.

In den Emaillierwerken werden durch Gasfeuerung betrieben: 2 doppelte Flammöfen zur Herstellung von Zinnoxyd, 8 große vierfache Emaillebrennöfen und 13 doppelte Emaillebrennöfen.

Die Platinenschweißöfen und Emaille-Wannenschmelzöfen sind zur Vorwärmung von Gas und Luft noch mit Wärmespeichern versehen, während alle übrigen Öfen, bei denen eine weniger hohe Temperatur erforderlich ist, zur Vorwärmung der Luft mit Tonröhrenlufterhitzern (Recuperatoren) versehen sind. Die Abgase dieser vielen Öfen werden in größeren Gruppen durch wenige große und hohe Zentralschornsteine abgeführt.

Auf dem ganzen Werke werden also 21 Dampfkessel, 2 Martinöfen und 57 verschiedene Öfen mit Gas geheizt, wozu 55 Vergaser in 6 Gruppen auf dem Werke vorhanden sind. Auch an den Vergasern, von denen ebenfalls eine Zeichnung (Taf. II Fig. 17) beiliegt, ist in allen Teilen darauf bedacht genommen worden, Rauchentwickelung zu verhüten. Der Kohlenfülltrichter an diesen Apparaten ist durch eine abgedrehte Glocke voll-

ständig gedichtet. Der Deckel an denselben ist ebenfalls eingedreht, sodafs das Entweichen der Gase beim Füllen bis auf eine Spur eingeschränkt ist. An den Stochöffnungen sind Kugelverschlüsse angebracht, die so gebohrt sind, dafs die eingeführte Stochspitze nur ganz geringe Mengen Gas durchlassen kann, dabei aber wegen der Kugellagerung dem Arbeiter volle Bewegungsfreiheit in der Handhabung der Spitze gewährleistet. Bei diesen Verschlüssen entweichen während der Stocharbeit nur verschwindend geringe Mengen Gase, die eine Belästigung — auch für den Arbeiter — vollständig ausschließen.

Die Lärmfrage.

Ein jedes Walzwerk macht infolge der unvermeidlichen Veränderung der Lage der Walzen nach jedem Durchgang des Eisens nicht unerhebliches Geräusch. Indessen dringt dieses Geräusch doch nicht auf weite Entfernung und ist außerhalb des Werkes kaum noch störend zu empfinden.

Um indessen auch dieses Geräusch tunlichst zu vermeiden, läfst man die Vorwalzen für das Blech nicht, wie dies sonst üblich, als Schleppwalzen laufen, sondern treibt auch die Oberwalzen an. Die dazu nötige besondere Aufhängungsart ist in beiliegender Zeichnung Taf. II (Fig. 18 bis 20) dargestellt. Die Gegengewichte (*G*, Fig. 18 u. 20) sind hierbei nicht in dem Kanal unter den Fundamentplatten angebracht, sondern oberhalb des Ständers, was gleichzeitig den Aus- und Einbau der Walzen sehr erleichtert.

Da ferner das Ein- und Ausladen der Eisenstücke durch Kräne geschieht und das Richten der Bleche durch Maschinen, so ist auch der hierdurch sonst entstehende Lärm auf das geringste Maß beschränkt.

Zudem ist überall, wo es der Betrieb gestattet, Nachtarbeit vermieden.

Die Wasserverunreinigungsfrage.

Das aus dem Betriebe herstammende Blech mufs nach seiner Fertigstellung durch Walzen von dem anhaftenden Glühspan gereinigt werden; es wird deshalb gebeizt. Ferner müssen die Geschirre, ehe sie mit Schmelz überzogen werden, in derselben Weise durch Beizen gereinigt werden. Endlich werden auch die gufseiseren Gegenstände, bevor sie emailliert werden, ebenso einer Beizung unterzogen, wie die zu verzinnenden Gegenstände.

Die Beizen für alle diese Verfahren bestehen zum Teil aus Schwefelsäure, zum Teil aus Salzsäure. Der Zweck ist in allen Fällen, die Oberfläche des Eisens zu reinigen, daher Eisenoxydoxydul aufzulösen. Die gebrauchten Beizen bilden daher Eisensalzlösungen. Da diese, sowie überschüssige, freibleibende Säuren von der Oberfläche der Bleche oder der Fabrikate wieder entfernt werden müssen, so werden sie mit Wasser abgewaschen, und es sind daher die eisenhaltigen Abflüsse des Werkes mehr oder weniger verdünnte saure Eisenlösungen. Gelangen solche Eisenlösungen in Berührung mit der atmosphärischen Luft, so bilden sich unter erneuter Abscheidung freier Säuren basische Eisensalze und endlich Eisenhydroxyd, welches sich als gelber Schlamm absetzt und bei der Trocknung an der Luft unter Verlust von Hydratwasser rot wird.

Im Anfange des Bestehens des Werkes gelangten diese Wässer einfach in die Bode. Solange der Betrieb klein war, kamen infolge der sehr großen Verdünnung nur kleine Eisenmengen in Betracht, und diese machten sich nur dann bemerkbar, wenn im Sommer der Wasserstand sehr niedrig war. Sie bildeten dann meist gelbe oder rote Absätze an den Rollsteinen der Bode im Wasser und am Ufer, die sehr fest hafteten und nur allmählich durch mechanische Arbeit des Wassers wieder heruntergewaschen wurden.

Die für das Beizen und Waschen notwendigen Mengen Wasser werden durch einen oberhalb einer Brauerei von der Bode abzweigenden Hammergraben dem Werke zugeführt, ebenso führen die beiden Turbinen das benutzte Wasser unmittelbar dem Hammergraben wieder zu. Der bei weitem größte Teil des Wassers wird zur Kondensation des Dampfes der Maschinen, zum Speisen der Dampfkessel und zum Kühlen der Walzenzapfen benutzt. Auch die reinen Wasser von der Kondensation und das Kühlwasser von den Walzenzapfen werden dem Hammergraben wieder zugeführt und gelangen durch diesen in die Bode.

Die Beizwässer dagegen fließen jetzt nicht mehr der Bode zu, sondern werden wie folgt behandelt:

Die Spülwässer aus den Waschkästen der Blechwalzwerkbeizen werden in ein Sammelbecken geleitet, durch Zuschläge von Kalkmilch neutralisiert und von Eisen gereinigt und mittels einer Pumpe durch eine schmiedeiserne Leitung nach dem Sammelbecken auf eine Schlackenhalde geführt, von wo sie behufs vollständiger Klärung durch eine Filterpresse gehen. Das so geklärte Wasser läuft durch eine offene Rinne in große Senkgruben, wo es allmählich versickert.

Das Blechwalzwerk ist mit drei Beiz- und Waschvorrichtungen versehen. Der Zulauf des frischen Wassers in jeden der drei Waschkästen der Blechbeize beträgt 11 l in 28 Sekunden, d. h. 23,6 l in der Minute, also für sämtliche drei Waschkästen in 24 Stunden rund 102 cbm. Bis vor kurzer Zeit ließ man die hier mit Kalkmilch gereinigten Wässer ohne weiteres sich mit den Kondensationswässern vereinigen, in den Hammergraben und aus diesem in die Bode fließen, während in noch weiter zurückliegender Zeit diese Wässer ohne Zusatz von Kalkmilch unmittelbar mit den Kondensationswässern vermischt dem Hammergraben zugeführt worden waren.

Die Verdünnung durch Zuführung der Kondensationswässer war sehr beträchtlich. Auf etwa 81 l Abwässer kamen nicht nur die Kondensationswässer der Maschinen und Kühlwässer der Walzenzapfen, sondern auch die abgeführten Triebwässer der Turbinen, deren zwei von 80 und 40 PS. in dem Graben liegen. Die Menge des Abwassers von den Kondensationen der drei Maschinen beträgt in der Minute je 1080 l und die der beiden anderen Maschinen in der Minute je 1890 l, also zusammen 7020 l. Für das Kühlwasser der Walzenzapfen und des Wassers in der Blechbeize arbeiteten beständig fünf Zwillingspumpen mit je einer Leistung von 220 l, also zusammen 1100 l in der Minute. Zieht man hiervon die Spülwässer für die Wasserkästen der Geschirrbeize mit rund 71 l in der Minute ab, so bleiben doch noch über 1000 l Kühlwasser für die Zapfen. Der Wasserverbrauch der beiden Turbinen beträgt in der Minute 150 000 l. Angenommen, dafs im Sommer, bei niedrigem Wasserstande nur die Hälfte der Kraft

Digitized by Google

ausgenutzt werden könnte, so würden immerhin noch 75 000 l in der Minute dem Graben zugeführt, und 71 l Wasser verdünnten sich demnach mit rund 83 000 l reinen Wassers, d. h. sie sind dann von mehr als 1000facher Verdünnung. Es würde also selbst aus unmittelbarer Einleitung in den Hammergraben keine erhebliche Verunreinigung entstehen können.

Die sämtlichen Abwässer der Geschirrbeize, der Verzinkerei und das Wasser des Emaillierwerks werden in ein Neutralisationsbecken geleitet, hier mit Kalk neutralisiert und dann mittels einer Pumpe durch eine Rohrleitung ebenfalls in die Sammelbecken der Schlackenhalde geschafft. Sie gelangen von hier aus gleichfalls in die Filterpresse, von wo aus die geklärten Wässer durch die offene Rinne in Senkgruben geleitet werden. Die durchschnittliche Menge der Abwässer, die durch dieses Neutralisationsbecken in 24 Stunden nach der Halde und den Filterkästen geschafft werden, beträgt rund 200 cbm.

Die Rotfärbung der Steine in dem Bodebette, welche zweifellos von Eisen herrührt, und besonders bemerkbar wurde, wenn bei niedrigem Wasserstand die Steine erheblich aus dem Wasser hervorragten, erregte bei Laien erklärlicherweise die Befürchtung vor schädlicher Einwirkung der Abwässer des Werkes und führte zu Klagen, wenngleich nach den Gutachten, welche in dieser Richtung abgegeben wurden, niemals ein wirklicher Schaden nachgewiesen werden konnte. Man fragte sich indessen, ob der gegenwärtige Stand der Wasserreinigung bei der Abführung in die Bode oder in das Grundwasser genügte, um jeden Schaden für Gesundheit und wirtschaftliche Benutzung des Wassers zu beseitigen. Es sind deshalb von dem Verfasser und seinem Assistenten am Eisenprobierlaboratorium der Kgl. Bergakademie in Berlin, Herrn Dr. Krug, Proben entnommen und die einzelnen Abwässer genau analysiert worden. Was sich daraus ergibt, gilt natürlich nur für den gegenwärtigen Stand. Ob in früheren Zeiten das Verhältnis ein anderes war, ist nicht mehr festzustellen, ist auch für die gegenwärtige Beurteilung gleichgültig.

Wenn nach Fertigstellung der jetzigen Einrichtungen die Rotfärbung der Steine noch nicht gewichen ist, so liegt das an der schon vorher erwähnten Eigentümlichkeit eines Ansatzes von Eisenoxyd auf rauhem Gestein, wie es hier die Granitblöcke im Bodebett sind, und das nur durch mechanische Einwirkung allmählich wieder fortgeführt zu werden. Wenn auch alles geschehen ist, um die Wässer in neuerer Zeit vollkommen zu klären, so ist doch von dem alten Schlamm noch soviel angehäuft, dafs bei plötzlichen großen Regengüssen nicht unerhebliche Mengen stromabwärts geführt werden und dann zu der Vermutung Veranlassung geben, dafs die Bode noch gegenwärtig erheblich verunreinigt werde.

Absätze können auf drei Weisen entstehen: Einmal durch das Mitführen von Schlamm in Gebirgswasserläufen. Alle Harzer Wasserläufe führen nach großen Regengüssen, also besonders nach Gewittern und nach dem Schneeschmelzen nicht unerhebliche Mengen feinen Gebirgsschlammes mit sich, der sich naturgemäß nach dem Aufhören der Ursachen wieder absetzt. An solchen Niederschlägen aus der Bode hat naturgemäß das Eisenhüttenwerk keinen Anteil. Es könnte aber anderseits auch sein, daß das Wasser, welches vom Thaler Hüttenwerk in die Bode gelangt, so eisenhaltig

ist, daß bei Oxydation desselben an der Luft sich Absätze von Eisenhydroxyd bilden, welche das Wasser verunreinigen, wie das sehr häufig auch bei eisenhaltigen Brunnenwässern der Fall ist. Wäre dies der Fall, so müßte auf eine bessere Reinigung des Wassers seitens des Werkes gesehen werden. Es könnte aber auch drittens sein, daſs das Wasser der Hütte zwar nicht an sich zu sehr verunreinigt oder zu stark eisenhaltig ist, daß aber andere Fabrikanlagen solche Stoffe zuführen durch deren Vermischung mit dem Hüttenwasser ein für den Gebrauch auch nach der Verdünnung durch das Bodewasser untaugliches Wasser entsteht. Man hat die beiden letzten Ursachen dem Eisenhüttenwerk vielfach zur Last gelegt, aber genaue Untersuchungen haben bewiesen, daſs beide Fälle nicht vorhanden sind. Aus der Nachforschung, ob die dem Eisenwerk zur Last gelegten Verunreinigungen der Bode in einer oberhalb des Hüttenwerks gelegenen Fabrik in Gemeinschaft mit den Abwässern des Hüttenwerks diese Verunreinigungen erzeugt haben könnten, kam man zu dem Schlusse, daſs eine zweite gewerbliche Anlage, welche die dem Hüttenwerk zugeschobenen Verunreigungen allein zu erzeugen in der Lage wäre, weder oberhalb noch unterhalb des Werkes vorhanden sei. Es konnte mithin der Einwand, daſs Verunreinigungen der Bode von einer anderen Fabrik an sich herrührten, nicht zugelassen werden. Es kommen in Betracht: zuerst eine Brauerei, welche durch einen Graben schwefligsaures Calcium, Brauerei- und Mälzerei-Abgänge sowie aus den Pissoiren Urin in den Wasserlauf des Hüttenwerks sendet. Das so durch die Brauerei verunreinigte Abwasser trifft in dem Hüttenwerk mit dem Spülwasser aus der Beize des Walzwerks zusammen. Ferner gelangen vom Bahnhof Thale urinhaltige Abwässer, namentlich bei regem Besuche im Sommer, sodann salzhaltige Wasser vom Bade Hubertusbad, Abwässer einer Schleiferei in Altenbraake und einer Holzessigfabrik in Rübeland in die Bode, endlich auch kalkige Wässer des Kalkwerks Rübeland. Alle diese Wässer, allein oder vereinigt, könnten die Verunreinigung des Bodewassers durch Eisenabsätze nicht hervorrufen. Es kam daher nur in Frage, ob ihr Zusammenfluß mit den eisenhaltigen Wässern des Eisenwerks Thale einen schädlichen Einfluß haben könnte.

Bei genauer Untersuchung stellte sich heraus, daß die tatsächlich periodisch auftretenden Verunreinigungen des Bodewassers lediglich ihren Ursprung in dem Zusammentritt von Brauereiabwässern mit den Abgängen der Walzwerksbeize haben konnten, daß dadurch indessen niemals eine beständige Rotfärbung hervorgerufen werden konnte. Es zeigte sich ferner bei weiteren Untersuchungen, daß das Bodewasser schon oberhalb des Eisenhüttenwerks in Bezug auf Eisenbestandteile nicht unerheblichen Schwankungen ausgesetzt ist. Die Proben gaben 8,5 bis 13 g Gesamtrückstand. Das Wasser reagierte alkalisch, enthielt ein wenig Chlornatrium und geringe Mengen alkalischer Erden, entsprechend den Härtegraden 4,2 bis 5,4. Indessen stets gingen auch die unterhalb des Werkes geschöpften Proben in Bezug auf ihren Eisengehalt nicht über das zulässige Maß hinaus. Jedenfalls schien es, als wenn allein die Abwässer des Eisenhüttenwerks Thale, sei es für sich, sei es in Gemeinschaft mit den Abwässern der Brauerei eine erhebliche Verunreinigung des Wassers herbeiführen könnten, und daß die Rotfärbung der Steine und der Absatz von Eisenhydroxyd an den Ufern des Bodeflusses keine anderweitige Quelle habe, als die Abwässer des Thaler Eisen-

hüttenwerks. Wenn auch eine nachteilige Wirkung dieser Absätze von dem Hüttenwerk nicht anerkannt werden konnte, so suchte man doch alle auch für das Auge unangenehmen Folgen zu beseitigen und schuf die angeführten Vorkehrungen.

Es kam nun nur noch in Betracht, 1. ob der gegenwärtige Zustand der Wasserreinigung auf dem Eisenwerk derart sei, daß eine Benachteiligung der Anwohner durch den Gebrauch des Bodewassers, sei es als Trink-, Tränk- oder Wirtschaftswasser ausgeschlossen werde; 2. ob ein Niederschlag der Eisenverbindungen, sei es durch die Wirkung natürlichen Einflusses der Luft, sei es durch Hinzutreten anderer Abwässer, z. B. der Brauereiwässer, in solchem Maße dem gereinigten Wasser zugehe, dafs die Wahrscheinlichkeit einer erheblichen Verunreinigung — wenn auch keiner Schädigung — für den Gebrauch im Verlauf der Zeit eintreten könnte; 3. ob sich die vorhandenen Anlagen zur Reinigung des Wassers zweckmäßig verbessern lassen oder ob umgekehrt eine Vereinfachung zu billigen sei.

Um den gegenwärtigen Stand der Wasserreinigung und den Einfluſs der Abgänge des Werkes auf das Bodewasser festzustellen, wurden, wie oben erwähnt, im Oktober 1903 von dem Verfasser Proben genommen, welche die in der folgenden Tabelle übersichtlich zusammengetragenen Zusammensetzungen zeigten, wobei besonders Sorge getragen worden war, daß die Proben der wirklichen durchschnittlichen Zusammensetzung des Wassers entsprachen.

100 l Wasser enthalten in Gramm:

	1. Wasser aus der Filterpresse	2. Brunnen bei den Arbeiter-Wohnungen	3. Nördlicher Graben	4. Südlicher Graben	5. Bodewasser unterhalb des Werkes	6. Obergraben beim Eintritt in das Werk	7. Bodewasser oberhalb der Brauerei
Feste Bestandteile	386	36,24	7,28	7,08	7,32	6,64	6,92
a) unorganische	382,96	31,68	4,64	4,72	5,00	4,36	5,08
b) organische	3,04	4,56	2,64	2,36	2,32	2,28	1,84
Chlor (Cl)	92,38	5,72	0,56	0,59	0,62	0,49	0,59
Schwefelsäure (SO_3)	31,39	5,68	0,92	0,86	0,92	0,72	0,82
Kalk (CaO)	—	9,80	1,44	1,24	1,52	1,44	1,60
Magnesia (MgO)	1,00	1,96	0,48	0,46	0,39	0,37	0,36
Eisen (Fe)	0,025	Spur	0,045	0,045	0,0075	0,003	0,003
Die in 100 l vorhandenen organischen Stoffe reduzierten Teile Mangunpermanganat ($KMnO_4$) .	1,82	0,12	3,19	3,19	3,13	3,01	1,94

Es möge gleichzeitig angeführt werden, dafs die Zusammensetzung des ungereinigten Beizspülwassers aus den Kästen der Blechbeize nach einer Durchschnittsprobe (Analyse No. 8) folgendermaßen ist:

Digitized by Google

In 100 l sind enthalten:

70,06 g Schwefelsäure,
43,06 g Eisen,
0,02 g Chlor.

Vergleicht man das Bodewasser oberhalb der Brauerei (Analyse No. 7) mit dem unterhalb des Eisenwerks (Analyse No. 5), also das Wasser an zwei Stellen, von denen an einer (No. 7) beide Werke noch unbeteiligt waren, während an der anderen (No. 5) die Abwässer beider Werke ihren Einfluß geltend gemacht haben, so findet man eine Vermehrung der festen Bestandteile um 0,40 g und der organischen um 0,48 g, während sich die unorganischen um 0,08 g vermindert haben. Das Bodewasser ist also im wesentlichen gleich rein geblieben, nur hat die Brauerei etwas zur Vermehrung der organischen Bestandteile beigetragen, das Eisenwerk dagegen für die Vermehrung der unorganischen Bestandteile aus beiden Betrieben gesorgt.

Dies gibt indessen keinen unbedingten Maßstab, denn zur Zeit der Wasserentnahme war der Wasserstand der Bode ziemlich hoch, bei niedrigem Wasserstand könnte der Einfluß stärker sein. Um den Anteil der Brauerei an der Wasserverunreinigung festzustellen, ehe das Hüttenwerk Einfluß gewonnen hat, vergleiche man daher No. 7 und 6, d. h. das Bodewasser oberhalb der Brauerei und das Wasser beim Eintritt aus der Brauerei in das Werk.

Es sei hier bemerkt, daß das Wasser an dieser Stelle eine Menge organischen Schlammes absetzt, der bald in größerem, bald in kleinerem Maßstabe auftritt und einen widerlichen Geruch besitzt. Zu der Probe war nur fließendes Wasser genommen. Die festen Bestandteile haben sich um 0,28 g vermehrt, die organischen um 0,44 g, da die unorganischen zurückgegangen sind. Das vorhin gegebene Urteil muß also dahin zugespitzt werden, daß der erste Einfluß auf das Bodewasser der Brauerei zukommt; denn wenn die Wässer dieser Anstalt unmittelbar in die Bode flössen, würden sie nahezu denselben Einfluß ausüben wie die gemeinschaftlichen Wässer beider Anlagen.

Zieht man jetzt das Wasser No. 1 in Betracht, welches nach unzweifelhafter Verunreinigung durch die Abwässer des Werkes, aber nach Reinigung durch Soda und Kalk die Filterpresse durchläuft, um dann ins Freie zu gelangen und in den Erdboden zu versickern, so zeigt sich, daß der Gehalt an gelösten Stoffen etwa 7,5mal so groß ist, wie er in einem guten Trinkwasser sein darf; es müßte also, wenn es in den Erdboden versickert und einem unterirdischen Wasserlauf zufließt, oder wenn es dem Flußlauf der Bode sich beimischt, eine Verdünnung im Verhältnis von 1 : 75 vorausgesetzt werden, um ein geeignetes Trinkwasser zu erhalten. Die aus der Filterpresse kommende Wassermenge ist so gering, daß diese Verdünnung unter allen Umständen schon eintritt, wenn das Wasser versickert und sich mit den gewöhnlichen Tagewässern mischt. Wenn man dagegen das Wasser in die Bode leiten würde, träte eine viel stärkere Verdünnung ein, da die Bode selbst bei niedrigstem Wasserstande eine viel bedeutendere Wassermenge führt, als das Fünfundsiebenzigfache des Filterwassers. Das Filterwasser ist stark alkalisch. Die Alkalität ist wesentlich bedingt durch einen Gehalt an Natriumkarbonat, welcher in 100 l 121 g beträgt. Das Natriumkarbonat stammt hauptsächlich aus der Geschirrwäsche und bewirkt beim Einfluß in die Neu-

Digitized by Google

tralisationskästen, daß das in diesen vorhandene Chlorcalcium als unlösliches kohlensaures Calcium gefällt wird, während Chlornatrium in Lösung geht. Der Grad der Alkalität ist unbedenklich, da viele Mineralwässer eine ebenso große, ja viel größere Mengen enthalten, Fachinger Wasser z. B. enthält in 100 l 214—252 g, Biliner Wasser in 100 l 338 g Natriumkarbonat. Es liegen also keine Bedenken vor, daß das Wasser in die Bode geleitet werden könnte, da es trotz seines Alkaligehaltes noch getrunken werden kann. Als Beweis für die Unschädlichkeit des Wassers kann auch der Umstand angeführt werden, daß das Vieh vom Wasser aus der offenen Rinne, in der es aus der Filterpresse abfließt, ohne Schaden trinkt.

Da die Menge der im Abwasser enthaltenen Salze, welche nach dem Versickern in den Untergrundwasserstrom gelangen, unbekannt ist, so wurde das Wasser eines an den Arbeiterhäusern (Analyse No. 2) stehenden Brunnens nach reichlichem Abpumpen untersucht. Das Wasser enthält nur etwa die Hälfte der Mineralstoffe, besonders Calcium und Magnesiumsalze, welche in einem guten Trinkwasser enthalten sein dürfen. Der Gehalt an unorganischen Stoffen beträgt sogar nur den achten Teil des für gutes Trinkwasser zulässigen Wertes. Auch der Gehalt an Chloriden und Sulfaten gibt keinen Anlafs zu Einwendungen. Das Wasser ist hiernach als ein vorzügliches Trinkwasser, ebenso als gutes Wirtschaftswasser zu bezeichnen.

Der Verdacht, daß aus den oberhalb des Brunnens liegenden Klärteichen oder den Halden Stoffe in das Brunnenwasser gelangten, ist auf Grund der chemischen Analyse wenigstens für die gegenwärtige Zeit widerlegt.

Um indessen festzustellen, ob und in wie weit die Auslaugung des Erdbodens durch atmosphärische Niederschläge nachteilig auf die Beschaffenheit des Wassers einwirken könnte, wurden Proben aus den beiden offenen Gräben (No. 3 und 4) entnommen. Der Eisengehalt dieser beiden Wässer zeigte sich tatsächlich etwas höher als normal. Die Ursache kann sein, daß nach lang anhaltendem Regenwetter wie es z. Z. vor der Untersuchung vorlag, die Halden ausgelaugt werden und eisenhaltiges Wasser in die Gräben gelangt. Für das Bodewasser ist dies indessen auch dann ohne Belang, da der Eisengehalt wegen der sehr starken Verdünnung, welche das Grabenwasser in der Bode selbst erleidet, weit unter dem zulässigen Grenzwerte liegt. Indessen gibt diese Beobachtung den Fingerzeig, daß es zweckmäßig ist, für die Zukunft an Stelle der Versenkung des durch die Filterpresse geklärten Wassers in den Boden, es unmittelbar in die Bode zu leiten.

Ob und in wie weit eine Ausscheidung des, wie nachgewiesen, unschädlichen Eisengehalts der Abwässer durch die Abgänge der Brauerei erfolgen kann, sind wieder die Analysen 5 und 6 heranzuziehen. Sie zeigen, daß das Bodewasser infolge des Einflusses der Brauerei-Abwässer durch organische Stoffe verunreinigt wird. Man hat wohl behauptet, daß sich in Brauerei-Abwässern Ausscheidungen von Schwefeleisen bilden, da die organischen Stoffe, welche den Brauereibetrieb verlassen, stark schwefelhaltig sind. Dieses Schwefeleisen oxydiert sich aber namentlich im schnellfließenden Wasser sehr bald wieder, bildet dabei stark lösliche Eisensulfate, welche beim Sprudeln des Wassers über Rollsteine, diese mit einer gelben bis rotbraunen, an der Luft ganz rot werdenden Haut überziehen. Der Eisen-Gehalt des Bodewassers wird, wie die Ana-

lysen beweisen, durch die Abwässer des Werkes tatsächlich um das $2^1/_2$fache des ursprünglichen Gehaltes erhöht. Diese Vermehrung ist unbedenklich, weil der Gehalt des Bodewassers an Eisen auch unterhalb des Werkes beträchtlich unter dem Maximalgehalt bleibt, der für ein gutes Wirtschaftswasser vorgeschrieben ist.

Es bleibt nun noch die Frage zu beantworten, ob die Waschwässer der Beize des Walzwerks, wenn sie nur mit Kondenswässern verdünnt, unmittelbar in die Bode gelangten, eine unzulässige Verunreinigung bewirken könnten. Das Wasser der Analyse No. 8 weist einen sehr hohen Gehalt an Eisen auf. Wenn zu diesem Wasser auch die großen Mengen der Kondenswässer usw. treten, die aber reiche Mengen organischer Bestandteile und Schwefelverbindungen aus der Brauerei mit sich führen, so ist eine Fällung des Eisens wohl zu erwarten, ehe noch das Bodebett erreicht wird. Der Eisenschlamm lagert sich dann dort ab. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs dem früher so gewesen ist, da anscheinend stoßweise abgelassene Brauereiwässer plötzliche Braun- und Rotfärbungen hervorgerufen hatten, die dann wieder verschwanden, aber den Ansatz auf Steinen und anderen rauhen Gegenständen zurückließen. Gegenwärtig ist dies indessen ausgeschlossen, denn auch diese Wässer nehmen ihren Weg jetzt über die Neutralisationsbecken und durch die Filterpresse. Die zurückgebliebenen Bestandteile auch dieser Wässer sind also in der Analyse 1 mit enthalten. Wie sich aber aus dieser Analyse ergibt, ist die Reinigung des Spülwassers so vollkommen, dafs der Eisengehalt des aus der Filterpresse kommenden Wassers noch unter dem Grenzwert von 0,03 Eisen zurückbleibt. Nach allen Analysen erscheint es ausgeschlossen, dafs Abwässer des Hüttenwerks gegenwärtig noch das Rotfärben der Steine in der Bode verursachen. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dafs das Zusammentreten der Brauereiabwässer mit den eisenhaltigen Wässern des Eisenhüttenwerks in früheren Zeiten die Ursache gewesen ist, diese Färbung zu bewirken.

Die entnommenen Wasserproben in Zusammenhang mit der gesamten Werksanlage gestatten das unbedingte Urteil, dafs die gegenwärtigen Anlagen zur Reinigung und Abführung der Hüttenabwässer auch in Gemeinschaft mit den Brauereiabwässern eine Verunreinigung des Bodewassers in dem Maße, dafs dadurch eine Schädigung der Gesundheit an Menschen und Vieh oder eine Unbrauchbarkeit als Wirtschaftswasser entstehen könnte, ausschließen. Es gehört dazu allerdings, dafs die Anlage ständig zuverlässig überwacht werde, was tatsächlich geschieht. Für das ordnungsmäßige Ablassen der Abwässer sowie für die Instandhaltung der Kläranlagen sind für Tag- und Nachtschicht mehrere Obermeister, Meister und Vorarbeiter verantwortlich. Außerdem wird das gereinigte Wasser auch vom Chemiker des Werkes ständig kontrolliert. Ebenso ist es nötig, dafs die Rohrleitung, welche selbstverständlich starkem Rosten ausgesetzt ist, immer dicht und in guter Ordnung gehalten wird.

Schließlich ist noch auf den bereits berührten Punkt der Versickerung des gereinigten Wassers zurückzukommen. Wenn diese Versickerung nachgewiesenermaßen gegenwärtig auch nicht schädlich ist, so kann doch nicht gesagt werden, ob mit der Zeit der Boden zu große Mengen der Salze aufnimmt. Da nun das Abwasser der Filterpresse unbedenklich der Bode zugeleitet werden kann, ohne dafs mit deren Wasser vermischt seine Bestandteile, selbst bei sehr niedrigem Wasserstande, irgendwie schädlich

Digitized by Google

sein würden, und da man dann eine viel bequemere Kontrolle hat, so wäre dies eine empfehlenswerte Verbesserung. Die Versickerungsbecken könnten bestehen bleiben, um in einzelnen Fällen, d. h. wenn der Bodewasserstand zu niedrig wird, oder wenn durch irgend welchen Umstand die Abwässer der Filterpresse nicht geeignet sein sollten, vorübergehend weiter benutzt zu werden. Als Regel aber sollten die Abwässer durch ein geschlossenes Rohr, an welches sich in der Nähe der Bode ein Zapfhahn zur Untersuchung befinden kann, in den Fluß abgeleitet werden. Kennzeichen des geeigneten Wassers ist seine Alkalität, welche mit Lakmuspapier leicht zu prüfen ist. Es darf außerdem niemals mehr als 0.03 g Eisen in 100 l enthalten. Das Verhältnis der abfließenden Wässer zu dem des Bodewassers soll stets mindestens wie 1 : 75 sein.

Man würde, wenn in Thale kein großes Hüttenwerk bestände, jetzt an diesem Orte, der in herrlichster Lage am Abhange der Harzberge, am Ausgange des romantischen Bodetales gelegen ein Zufluchtsort der Städter ist, die hier Erholung und Kräftigung suchen und finden, kaum auf den Gedanken kommen, ein solches anzulegen, zumal die Grundbedingungen fehlen. Die Wasserkraft reicht nicht zum Betriebe aus. Erze sind ebensowenig wie Kohlen vorhanden, die große Arbeiterbevölkerung findet nur in diesem Werke Beschäftigung.

Da aber das Werk einmal, entstanden aus kleinen Anfängen, vorhanden ist und infolge der vortrefflichen Leitung nicht nur den Beteiligten Gewinn bringt, sondern einer stattlichen Zahl von Arbeitern und deren Familien Unterhalt gewährt, so galt es sicherlich, es nicht nur zu erhalten, sondern es auch so einzurichten, daſs die Anwohner und Besucher des Ortes weder durch Rauch, noch durch Lärm, noch durch Verschlechterung des Wassers belästigt werden.

Daſs dies Ziel auch bei einem großen Werksbetriebe erreicht werden kann, wird diese Beschreibung gezeigt haben.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

II. Abhandlungen.

Die Kegelschnitte im Kurbelgetriebe.

Von **Joh. Torka**, Ingenieur.
Berlin—Friedenau.

Das „allgemeine Kurbelgetriebe“ stellt eine Verkörperung eines „geometrischen ebenen Gelenkviereckes“ mit beliebig langen Seiten dar. Eine erschöpfende Kenntnis der Eigenschaften dieses Gelenkviereckes bildet daher die Grundlage zur Ermittelung der Eigenschaften aller Kurbelgetriebe, welche in so außerordentlich mannigfachen Formen im Maschinenbau angewendet werden. Einer jeden Gestalt des Kurbelgetriebes entspricht ein Gelenkviereck von spezifischen geometrischen Eigenschaften, die bekannt sein müssen, wenn es sich um die Beurteilung der Wirkungsweise des Getriebes handelt. Dies gilt selbstverständlich auch für alle „mathematischen Getriebe“ und die dazugehörigen Verkörperungen, die „technischen“ Getriebe, welche aus dem Gelenkviereck abgeleitet werden können.

Eine Systematisierung aller dieser Getriebe, welche bis jetzt der technischen Wissenschaft noch fehlt, setzt ein über das vorhandene weit hinausgehendes Maß von Kenntnissen der geometrischen Eigenschaften der mathematischen Getriebe voraus.

Im Kaiserlichen Patentamt habe ich während einer 25jährigen Tätigkeit reichlich Gelegenheit gehabt, zu beobachten, das tatsächlich viele Erfindungen, bei welchen ein Kurbelgetriebe den Hauptgegenstand bildete, angemeldet worden sind, ohne daß man das eigentliche Wesen der Sache, d. h. die geometrischen Eigenschaften der dazugehörigen mathematischen Getriebe kannte; eben weil es bisher noch an einer wissenschaftlichen Grundlage für diese Erkenntnis mangelt.

Es erhellt hieraus, wie wünschenswert es ist, alle bis jetzt noch unbekannten Eigenschaften des Gelenkviereckes und aller aus demselben ableitbaren mathematischen Getrieben vollständig zu kennen.

Eine möglichst vollständige Lösung dieser Aufgabe, welche schon vielfach versucht worden ist, wie die vielen in technischen Zeitschriften und Handbüchern zerstreut liegenden Abhandlungen es dartun, bildet den Gegenstand der vorliegenden Arbeit. In derselben wird auch auf neuere Patentschriften hingewiesen werden, in denen Kurbel-

getriebe oder Abarten solcher enthalten sind, deren mathematische Getriebe besondere neue geometrische Eigenschaften besitzen.

Schon auf der „73. Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte“ in Hamburg 1901 habe ich in der Abteilung für Mathematik darauf hingewiesen, daß die Eigenschaften des Gelenkviereckes noch nicht genügend bekannt seien, was bei der Prüfung von Erfindungen auf ihre Patentfähigkeit sich vielfach als ein großer Mangel bemerkbar mache. Dabei hatte ich einen Weg gezeigt, wie man diesem mathematischen Getriebe wohl beikommen könnte. Ich hatte dasselbe als eine Kombination von mehreren einfacheren mathematischen Getrieben dargestellt, welche in den Handbüchern: „Über Kinematik“ als „Kreis-Konchoïdengetriebe“ behandelt werden und ihren geometrischen Eigenschaften nach schon als völlig bekannt gelten können. Trotzdem habe ich bis jetzt noch nichts Neues über das Gelenkviereck in der technischen und mathematischen Literatur zu finden vermocht.

Vorliegende Arbeit behandelt das Gelenkviereck als ein Kombinationsgebilde von mathematischen Getrieben, welche meines Wissens eine eingehende Behandlung noch nicht erfahren haben; sie weist auch viele neue geometrische Eigenschaften des Gelenkvierecks nach. Auf Grund dieser neuen Eigenschaften ist es möglich, sämtliche Gelenkvierecke mit ihren Abarten in ein System zu bringen. Schließlich wird das Gelenkviereck auch noch als Fundamentalgebilde einer neuen Bewegungsgeometrie hingestellt.

Das Gelenkviereck entsteht aus dem geometrischen Vierecke dadurch, daß in diesem die Seiten durch „starre Systeme“, nämlich durch „Linien-, Flächen- und Raumsysteme“ und die Ecken durch „Drehpunkte“, „Gelenkpunkte“ oder kurzweg „Gelenke“ ersetzt werden.

Mit diesen Elementen ist es möglich, unendlich viele Gelenkvierecke zu bilden. Unter allen diesen Gelenkvierecken ist aber dasjenige das einfachste, das als das „ebene Gelenkviereck“ schon allgemein bekannt ist; dasselbe besteht aus vier ineinanderliegenden starren ebenen Systemen, „Glieder“ genannt, welche paarweise durch vier Gelenkpunkte so miteinander verbunden sind, daß jedes seiner Glieder inbezug auf jedes übrige beweglich ist.

Diese Art und Weise der Verbindung der vier Glieder miteinander kann aus dem in Fig. 1 dargestellten allgemeinen Vierseit in folgender Weise abgeleitet werden: Die vier Seiten s_1, s_2, s_3 und s_4 des Vierseits haben die sechs Schnittpunkte D_{12}, D_{13}, D_{14}, D_{23}, D_{24} und D_{34}. Werden die vier Seiten als Träger von vier ineinanderliegenden starren ebenen Systemen aufgefaßt, d. h. als den Gliedern eines zu schaffenden ebenen Gelenkviereckes zugehörig betrachtet, dann können die sechs Schnittpunkte als Gelenkpunkte gelten, welche je zwei der Glieder miteinander gelenkig verbinden.

Die Beweglichkeit der Glieder gegeneinander ist nur dann vorhanden, wenn von den 6 Gelenken nur ganz bestimmte vier Gelenkpunkte oder weniger als vier die starren ebenen Systeme miteinander verbinden.

Werden vier Gelenkpunkte benutzt, so ist die Mannigfaltigkeit der Wahl von je vier solchen aus den in Fig. 1 angegebenen 6 Gelenken ebenso groß, wie die Anzahl von Kombinationen ohne Wiederholung 4. Klasse zwischen 6 Elementen. Derartiger

Kombinationen gibt es bekanntlich 15. Unter diesen sind aber nur folgende drei vorhanden, nämlich:

1. $D_{12}\ D_{13}\ D_{24}\ D_{34}$,
2. $D_{12}\ D_{14}\ D_{23}\ D_{34}$ und
3. $D_{13}\ D_{14}\ D_{23}\ D_{24}$,

welche sich zur Schaffung von solchen Gelenkvierecken eignen, deren Glieder wirklich alle gegeneinander beweglich sind. Die übrigen zwölf Gruppen von Gelenken liefern

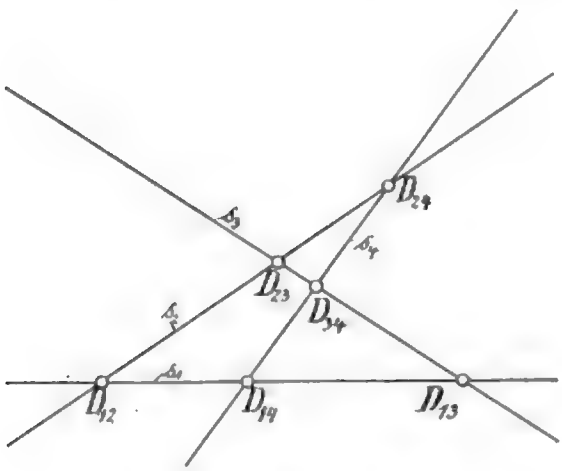


Fig 1. Gelenkviereit.

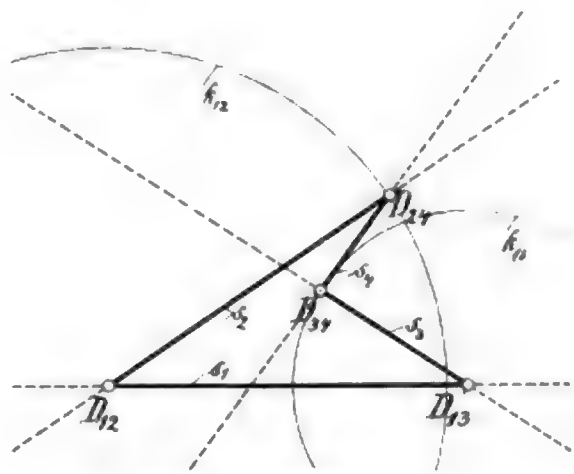


Fig. 2. 1. Gelenkviereck.

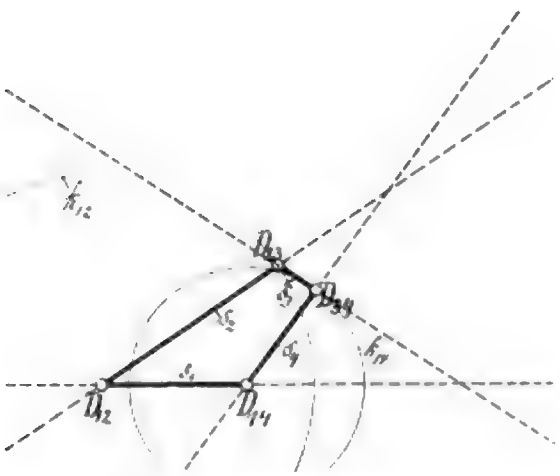


Fig. 3. 2. Gelenkviereck.

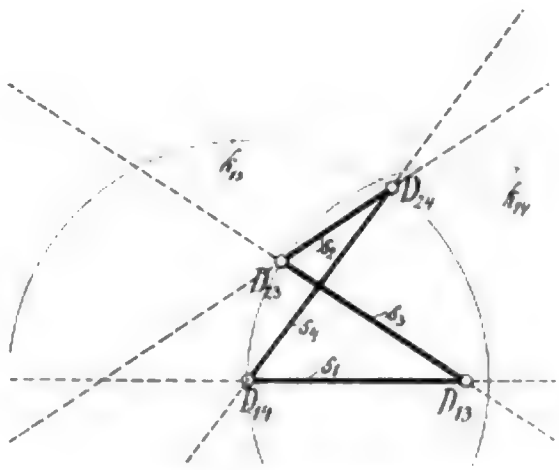


Fig. 4. 3. Gelenkviereck.

je ein „Gelenkdreieck", dessen Glieder bekanntlich unbeweglich gegeneinander sind, so daß die betreffenden drei Glieder als zu einem einzigen starren ebenen Systeme verbunden angesehen werden müssen, und ein viertes Glied, welches mit diesem zusammengesetzten Systeme gelenkig in Verbindung steht. Es liegt dann tatsächlich ein Gebilde

Digitized by Google

vor, welches nur aus zwei gegeneinander beweglichen Gliedern besteht, die einen einzigen gemeinsamen Gelenkpunkt haben.

Die unter 1 bis 3 aufgeführten Kombinationen der Gelenke liefern dagegen der Reihe nach die in den Fig. 2 bis 4 gezeichneten Gelenkvierecke, bei denen jedes Glied inbezug auf jedes andere beweglich ist. Diese Beweglichkeit ist derartig, daß jeder Punkt eines Gliedes, in jedem anderen Gliede des fraglichen Gelenkviereckes eine der Gestalt und Ausdehnung nach unveränderliche Bahn durchläuft und daß jede Linie des einen Gliedes in jedem anderen eine ebensolche Bahn als Hüllgebilde erzeugt. Es mag dabei die Intensität der Bewegung nach irgend einem Gesetze stattfinden. Sowohl die Punkt- als auch die Hüllbahnen lassen sich dann analytisch definieren.

In den Figuren 2 bis 4 sind also mathematische Getriebe dargestellt, welche ganz bestimmte Punkt- und Hüllbahnen zu erzeugen gestatten und welche ich deswegen „Bahnengetriebe“ nenne.

In jedem zusammenhängenden Gliederpaare eines Gelenkviereckes sind die in Rede stehenden Punkt- und Hüllbahnen immer nur Kreise, deren Mittelpunkt mit dem Gelenkpunkt des Paares zusammenfällt.

In zwei einander gegenüberliegenden Gliedern eines Gelenkviereckes sind dagegen die Punkt- und Hüllbahnen in der Regel krumme Linien, deren Gestalt bezw. Ausdehnung hauptsächlich von den Längen der Gelenkviereckseiten abhängig ist. Zur Bestimmung der Gleichungen dieser Punkt- und Hüllbahnen wird am zweckmäßigsten das eine der beiden Glieder festgestellt, und das starre ebene System desselben wird als Bild- oder Koordinatenebene für das bewegte zweite Glied betrachtet.

In den Fig. 2 bis 4 möge immer dasjenige Glied, dessen Träger die Seite s_1 des ursprünglichen Vierseits ist, festgestellt sein und als Koordinatenebene für die Punkt- und Hüllbahnen der ihm gegenüberliegenden Glieder benutzt werden. Alsdann sind der Reihe nach die Glieder mit den Trägern s_4, s_3 und s_2 diejenigen beweglichen Glieder der dargestellten Gelenkvierecke, welche dem festgestellten Gliede jeweils gegenüberliegen.

Durch die Wahl der vier Gelenkpunkte eines Gelenkvierecks, das aus vier starren ebenen Systemen besteht, gemäß den obigen drei Komplexionen der Kombinationen 4. Klasse ohne Wiederholung bei 6 Elementen kann also jedes einzelne Glied zu dem gegenüberliegenden Gliede eines beliebig gewählten und festgestellten Gliedes gemacht werden. Es ist dies das einzige wesentliche Resultat der soeben durchgeführten Untersuchungsmethode. Zu weiteren Ergebnissen führt diese Methode nicht.

Zur Auffindung neuer geometrischer Eigenschaften des Gelenkviereckes muß letzteres tunlichst vereinfacht werden, ohne aber durch die Vereinfachung die Beweglichkeit der gegenüberliegenden Glieder irgendwie zu beeinflussen. Dies kann auf verschiedene Arten geschehen.

Die zunächstliegende und einfachste Art beruht auf der Verringerung der Gliederzahl eines Gelenkviereckes bis auf zwei einander gegenüberliegende Glieder, was in dreierlei Weise erfolgen kann.

Digitized by Google

Werden z. B. in dem Gelenkviereck nach Fig. 2 mit den Gliedern s_1, s_2, s_3 und s_4 die Gelenkpunkte D_{24} und D_{34} der Gliederpaare $s_2 s_4$ und $s_3 s_4$ durch die unveränderlichen Kreis k_{12} und k_{13} in dem Gliede s_1 geführt, dann fallen die Glieder s_2 und s_3 weg, welchen nur die Führung der genannten Gelenkpunkte D_{24} und D_{34} oblag. Dadurch entsteht aber das in Fig. 5 dargestellte zweigliedrige mathematische Getriebe. Dasselbe besteht nur aus dem festgestellten Gliede s_1 und aus dem diesem gegenüberliegenden Gliede s_4 des Gelenkvierecks nach Fig. 2. Die beiden weggefallenen Glieder s_2 und s_3, als Führungsglieder eines Gelenkvierecks schon bekannt, sind durch die Führungskreise k_{12} und k_{13} der beiden Punkte D_{24} und D_{34} des beweglichen Gliedes s_4 ersetzt. Die Beweglichkeit der Glieder s_1 und s_4 inbezug aufeinander ist dadurch in keiner Weise verändert worden. Alle Punkt- und Hüllbahnen des einen Gliedes inbezug auf das andere sind hier genau dieselben wie dort. Dagegen sind hier die Punkte D_{24} und D_{34} keine Gelenkpunkte mehr, sondern nur Punkte des Gliedes s_4, bezw. seines starren ebenen Systemes. In letzterem werden die genannten Punkte von den Führungskreisen k_{12} und k_{13} als Hüllgebilde erzeugt; sie werden daher auch sachgemäß „Hüllpunkte“ genannt.

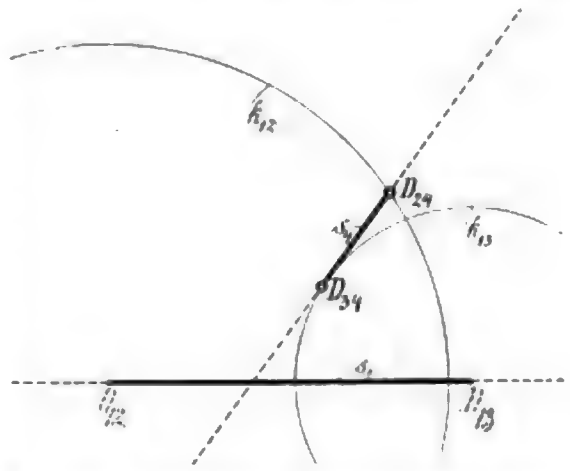


Fig. 5. Erstes zweigliedriges Getriebe des Gelenkvierecks.

Es mag übrigens hier darauf aufmerksam gemacht werden, daß die in Rede stehende Art und Weise der Umwandlung eines mathematischen Getriebes in ein gleichwertiges anderes Getriebe mit verminderter Gliederzahl gerade bei dem Gelenkvierecke schon allgemein bekannt ist. Dieses Verfahren ist aber nicht nur bei den Gelenkvierecken, sondern auch bei vielen anderen mathematischen Bahnengetrieben durchführbar und, wie im folgenden nachgewiesen wird, von großem Erfolg begleitet; dennoch ist das Verfahren bis jetzt nicht ausreichend genug in Anwendung gebracht worden.

Die Verminderung der Gliederzahl eines Gelenkviereckes bis auf zwei einander gegenüberliegende Glieder kann auch noch in folgender Weise geschehen: Jeder Punkt und jede Linie des beweglichen Gliedes erzeugen Punkt-, bezw. Hüllbahnen von unveränderlicher Gestalt und Ausdehnung in dem festgehaltenen Gliede. Es können demnach zur Führung des beweglichen Gliedes s_4 statt der Führungskreise k_{12} und k_{13} in Fig. 5 auch je zwei der Punkt-, bezw. Hüllbahnen verwendet werden. Auf diese Art und Weise kann nicht nur ein Gelenkviereck, sondern auch jedes beliebige mathematische Bahnengetriebe bei unendlich vielen Gestaltungen in ein zweigliedriges Bahnengetriebe umgewandelt werden.

Bei dem Gelenkviereck nach Fig. 3 erhält man durch eine entsprechende Verminderung der Anzahl der Glieder ein aus den zwei Gliedern s_1 und s_3 bestehendes

Digitized by Google

Bahnengetriebe, in welchem sich die Hüllpunkte D_{23} und D_{34} des beweglichen Gliedes s_3 auf den Führungskreisen k_{12} und k_{14} in dem feststehenden Gliede s_1 bewegen.

In gleicher Weise liefert das Gelenkviereck nach Fig. 4 ein nur aus den beiden Gliedern s_1 und s_2 bestehendes Bahnengetriebe, in welchem die Hüllpunkte D_{23} und D_{34} des beweglichen Gliedes s_2 statt durch die Führungsglieder s_3 und s_4 durch die Führungskreise k_{13} und k_{14} im feststehenden Gliede s_1 ihre kreisförmigen Bahnen zugewiesen erhalten.

Alle drei besprochenen zweigliedrigen Bahnengetriebe, welche aus den Gelenkvierecken der Fig. 2 bis 4 entwickelt worden sind, haben gar keinen Gelenkpunkt mehr, sondern nur zwei Hüllpunkte, welche beide immer nur in dem entsprechenden beweglichen Gliede liegen.

Aus dem in Fig. 5 gezeichneten zweigliedrigen mathematischen Getriebe lassen sich neue Bahnengetriebe dadurch schaffen, daß den beliebig großen Führungskreisen k_{12} und k_{13} sowie dem Abstande der Hüllpunkte D_{24} und D_{34} besonders ausgezeichnete Werte zugewiesen werden. Dies wird erreicht, wenn den in Rede stehenden Größen die Werte Null und Unendlich gegeben werden.

Von allen möglichen Fällen haben in der Getriebelehre nur folgende zwei eine besondere Bedeutung:

1. Die Führungskreise k_{12} und k_{13} werden beide unendlich groß, während die Strecke $D_{24}\,D_{34}$ einen endlichen Wert beibehält. Alsdann ist zu unterscheiden, ob die beiden unendlich großen Führungskreise sich rechtwinklig oder schiefwinklig schneiden. Im ersteren Falle wird dann der „gerade“ und im zweiten Falle der „schiefe Kreuzzirkel“ erhalten. Es sind dies schon allgemein bekannte zweigliedrige mathematische Bahnengetriebe, welche in den mannigfaltigsten Verkörperungen die allgemein bekannten „Ellipsenzirkel“ bezw. „Ovalwerke“ liefern.

2. Die Führungskreise k_{12} und k_{13} werden nicht beide zugleich, sondern nur einer von ihnen unendlich groß, während der Abstand der Hüllpunkte D_{24} und D_{34} einen endlichen Wert behält. Alsdann entstehen zwei Arten von zweigliedrigen mathematischen Punktbahnengetrieben, je nachdem der unendlich groß gewordene Führungskreis durch den Mittelpunkt des zweiten, eine endliche Ausdehnung besitzenden Führungskreises hindurchgeht oder nicht.

Im ersteren Falle entsteht ein Getriebe, welches in seinen verschiedenartigsten Verkörperungen die allgemein bekannten „Schubkurbelgetriebe“ bildet.

Geht dagegen der unendliche Führungskreis nicht durch den Mittelpunkt des eine endliche Ausdehnung festhaltenden zweiten Führungskreises, dann wird das „allgemeine Schubkurbelgetriebe“ erhalten, von dem bis jetzt ebenso, wie von dem allgemeinen Gelenkviereck, nur wenige, bezw. nicht ausreichende geometrische Eigenschaften bekannt sind. Ich werde am Ende dieser Arbeit zeigen, daß dieses Getriebe eine Schar von Hüllparabeln zu erzeugen geeignet ist und werde daher diesem geometrischen Fundamentalgetriebe den Namen „Hüllparabel = Kreisschubgetriebe“ oder kurzweg „Parabel = Kreisschubgetriebe“ beilegen.

Eine zweite Art der Verminderung der Anzahl der Glieder bis auf die beiden einander gegenüberliegenden Glieder ist folgende: In dem in Fig. 3 dargestellten Gelenkvierecke bleibt die Beweglichkeit des Gliedes s_3 inbezug auf das festgestellte Glied s_1 unverändert, wenn die Führungsglieder s_2 und s_4 des beweglichen Gliedes s_3 durch zwei unveränderliche Führungskreise k_{23} und k_{43} des Gliedes s_3 ersetzt werden, wie die Fig. 6 zeigt. Die mit den Abständen $D_{12}\,D_{23}$ und $D_{14}\,D_{34}$ als Radien beschriebenen Führungskreise k_{23} und k_{43} haben in dem beweglichen Gliede s_3 eine unveränderliche Lage zueinander und sind auch ihrer Größe nach unveränderlich. Bei der Bewegung des Gliedes s_3 erzeugen sie die Punkte D_{12} und D_{14} als Hüllpunkte in dem Gliede s_1, während die früheren Gelenkpunkte D_{23} und D_{34} zu Punkten, die nur dem Gliede s_3 angehören, zu „Systempunkten", herabgesetzt werden. Das neue zweigliedrige Bahnengetriebe hat hier wiederum keine Gelenkpunkte mehr, sondern nur die beiden Hüllpunkte D_{12} und D_{14}, welche im Gliede s_1 eine unveränderliche Lage festhalten. Dagegen durchlaufen die Systempunkte D_{23} und D_{34} des Gliedes s_3 die punktierten Kreise k_{12} und k_{14} in dem Gliede s_1. Die beiden letzteren Kreise sind inbezug auf die Fig. 3 bereits als Führungskreise des Gliedes s_3 bekannt geworden.

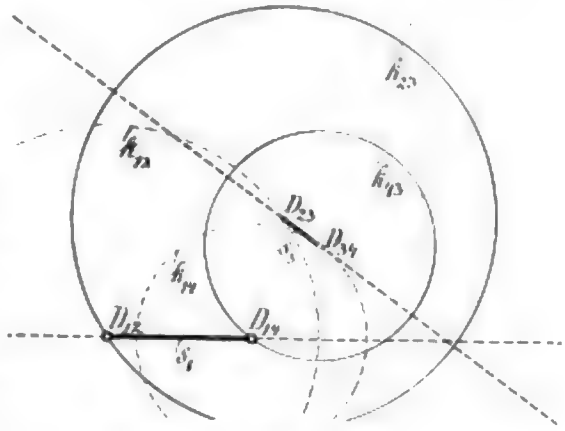


Fig. 6.
Zweites zweigliedriges Getriebe des Gelenkvierecks.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Getriebe nach Fig. 5 und dem nach Fig. 6 besteht darin, daß im ersteren die beiden Hüllpunkte in dem beweglichen Gliede s_3 und im letzteren in dem festgestellten Gliede s_1 eine unveränderliche Lage besitzen. Das eine von beiden Getrieben kann aus dem anderen übrigens auch schon durch ein Verfahren erhalten werden, welches unter der Bezeichnung „Umkehrung der Bewegung von Mechanismen, d. h. Bahnengetrieben" bekannt ist.

Aus dem in Fig. 6 gezeichneten zweigliedrigen Bahnengetriebe lassen sich neue Getriebe als Sonderfälle des in Rede stehenden Getriebes in derselben Weise schaffen, wie es bei dem Getriebe nach Fig. 5 schon geschehen ist. Werden hier, wie dort, den Führungskreisen k_{23} und k_{43} die außerordentlichen Größen Null und unendlich beigelegt, dann wird eine bestimmte Anzahl von neuen Bahnengetrieben erhalten. Von denselben haben aber wiederum nur folgende zwei Arten eine hervorragendere Bedeutung:

1. Die beiden Führungskreise k_{23} und k_{43} in Fig. 6 werden beide gleichzeitig unendlich groß, während der Abstand der Hüllpunkte D_{12} und D_{14} endlich bleibt. Die

Digitized by Google

Peripherien der unendlich großen Führungskreise in dem beweglichen Gliede s_2 erscheinen dann als gerade Linien, welche die Punkte D_{12} und D_{14} im Gliede s_1 als Hüllpunkte erzeugen, wenn das Glied s_2 seine Beweglichkeit innehält. Ob dabei die beiden die Hüllpunkte erzeugenden Geraden (Strahlen) einen rechten oder einen schiefen Winkel miteinander einschließen, ist für die Art des neu entstehenden Bahnengetriebes ziemlich unwesentlich.

Das in Rede stehende zweigliedrige Bahnengetriebe ist schon als „Kardioïdengetriebe" allgemein bekannt. Bei demselben umhüllen die Schenkel eines im beweglichen Gliede befindlichen unveränderlichen Winkels zwei nicht zusammenfallende Punkte des feststehenden Gliedes. Die Schenkel des Winkels erzeugen also je einen Hüllpunkt im Gliede s_1. Der Scheitelpunkt des konstanten Winkels bewegt sich bei dem in Rede stehenden Getriebe auf einem Kreise Dieser Kreis geht durch die beiden von den Winkelschenkeln erzeugten Hüllpunkte hindurch. Das Getriebe selbst ist das allgemein bekannte „Kardioïdengetriebe".

2. Von den Führungskreisen k_{23} und k_{43} in Fig. 6 wird nur der eine unendlich groß, der andere behält dagegen irgend einen endlichen Wert. Hierbei sind dann zwei Arten von zweigliedrigen Bahnengetrieben auseinanderzuhalten, je nachdem nämlich der unendlich groß gewordene Führungskreis durch den Mittelpunkt des endlich gebliebenen Führungskreises hindurchgeht oder nicht.

A. Geht im ersteren Falle der unendlich große Führungskreis durch den Mittelpunkt des anderen hindurch, dann liegt das schon allgemein bekannte „Kreis-Konchoïdengetriebe" vor. Dasselbe geht in das schon oben genannte Kardioïdengetriebe über, wenn z. B. in Fig. 6 der Abstand der beiden Hüllpunkte k_{12} und k_{14} gleich dem Radius des einen endlichen Wert festhaltenden Führungskreises k_{34} ist.

Die Kardioïden- und Kreiskonchoïdengetriebe habe ich zu einer Getriebegruppe zusammengefaßt, welche ich ihrer geometrischen Eigenschaften wegen die „Getriebegruppe zweiter Ordnung" nenne. Dabei unterscheide ich folgende drei Arten von Getrieben dieser Gruppe:

a) die Hüllkreisgetriebe,
b) - Hüllellipsengetriebe und
c) - Hüllhyperbelgetriebe.

a) Die Hüllkreisgetriebe stimmen mit den Kardioïdengetrieben vollständig überein. Ihre wesentliche geometrische Eigenschaft ist die, daß jede Gerade des beweglichen Gliedes in dem feststehenden Gliede einen Hüllkreis erzeugt. Letzterer kann dabei freilich auch zu einem Hüllpunkte zusammenschrumpfen. Es schaffen nämlich alle Strahlen desjenigen Strahlenbüschels des beweglichen Gliedes nur Hüllpunkte, dessen Zentrum mit dem auf dem Kreise geführten Systempunkte zusammenfällt. Alle diese Hüllpunkte liegen aber auf der Peripherie des Führungskreises und sind zugleich die Mittelpunkte aller anderen Hüllkreise. Ein Hüllpunkt kann als ein Kreis von unendlich kleinem Radius angesehen werden. Deswegen ist die oben angegebene Bezeichnung dieser Getriebeart eine der Sache völlig entsprechende.

b) Bei den Hüllellipsengetrieben umhüllt jeder Strahl des schon unter a gekennzeichneten Strahlenbüschels eine Ellipse. Dabei erzeugt aber ein bestimmter

Digitized by Google

Strahl des Büschels eines derartigen Getriebes nicht mehr einen Punkt der Peripherie des Führungskreises, wie dies unter *a* der Fall war, sondern einen innerhalb dieser Kreislinie liegenden festen Punkt als Hüllgebilde. Beliebig in dem beweglichen Gliede liegende Geraden, von denen jede zu irgend einem Strahle jenes Büschels parallel liegen wird, erzeugen Aequidistanten zu jenen Hüllellipsen als Hüllgebilde in dem feststehenden Gliede des fraglichen Getriebes.

c) Bei den Hüllhyperbelgetrieben liegt der feste Hüllpunkt, den ein Strahl des mit seinem Zentrum auf dem Führungskreise bewegten Strahlenbüschels des beweglichen Gliedes erzeugt, außerhalb des zuletzt genannten Kreises. Alle Strahlen des in Rede stehenden Strahlenbüschels schaffen im feststehenden Gliede Hüllhyperbeln, welche ebenso, wie die Hüllellipsen unter b, den Führungskreis berühren und einen Brennpunkt, nämlich jedesmal den in dem Getriebe feststehenden Hüllpunkt, gemeinschaftlich haben. Auch bei dem Hüllhyperbelgetriebe werden Aequidistanten zu den Hyperbeln als Hüllgebilde von allen Geraden erzeugt, welche in dem beweglichen Gliede liegen und nicht Strahlen jenes Büschels sind.

An diese drei Arten von Getrieben schließen sich zwei Sonderfälle derselben an. Es kann nämlich erstens der feste Hüllpunkt im Unendlichen liegen, und zweitens kann auch der Führungskreis unendlich groß werden.

Liegt der feste Hüllpunkt unendlich fern, dann findet eine Verschiebung des beweglichen Gliedes parallel mit sich selbst statt. Dabei wird ein Punkt dieses Gliedes, nämlich das Zentrum jenes Strahlenbüschels, auf dem Führungskreis bewegt. Diese Getriebeabart kann sachgemäß ein „Kreisschubgetriebe“ heißen. Bei unendlich großem Führungskreise entsteht aus den Getrieben nach a, b und c das allgemein bekannte gewöhnliche Konchoïdengetriebe, welches ich „Hüllparabelgetriebe“ nenne, weil hier alle Strahlen des unter a, b und c genannten Strahlenbüschels Hüllparabeln erzeugen.

B. Die zweite Art von Sondergetrieben, die aus dem zweigliedrigen Getriebe nach Fig. 6 dadurch erhalten werden, daß nur der eine Führungskreis, z. B. der Kreis k_{23}, unendlich groß wird, während der andere Führungskreis, d. h. also dann der Kreis k_{43}, eine endliche Größe beibehält, ergibt sich dadurch, daß der zu einer Geraden gewordene Führungskreis k_{23} nicht mehr durch den Mittelpunkt D_{34} des anderen Kreises k_{43} hindurchgeht. Alle Getriebe dieser Art bilden diejenige Gruppe von zweigliedrigen mathematischen Getrieben, bei welchen eine Gerade des beweglichen Gliedes in dem feststehenden Gliede einen Hüllpunkt erzeugt, während ein außerhalb jener Geraden gelegener Punkt des beweglichen Gliedes gleichzeitig auf einem der Größe und Lage nach unveränderlichen Kreise in dem feststehenden Gliede geführt wird.

Diese Art von zweigliedrigen mathematischen Getrieben ist, meines Wissens, einer eingehenden Untersuchung noch nicht unterzogen worden. Die Punkt- und Hüllbahnen aller Punkte und Geraden des beweglichen Gliedes sind Kurven vierter Ordnung; und zwar sowohl Punktbahnen als auch Hüllbahnen aller Strahlen desjenigen Strahlenbüschels, dessen Zentrum in den auf dem Kreise geführten Punkt hineinfällt.

Digitized by Google

Eine dritte und letzte einfache Art der Verminderung der Anzahl der Glieder eines Gelenkvierecks bis auf zwei desselben wird in folgender Weise erhalten: Bei dem Getriebe nach Fig. 6 liegen die beiden zu Hüllpunkten gewordenen früheren Gelenkpunkte in dem beweglichen Gliede. Dagegen liegen die nämlichen Punkte bei dem Getriebe nach Fig. 7 beide in dem festliegenden Gliede. Nun ist aber auch noch der Fall denkbar, daß der eine Hüllpunkt in dem feststehenden und der andere in dem beweglichen Gliede sich befindet. Ein Getriebe, welches hiernach gebildet werden kann, ist aus Fig. 4 abgeleitet und in Fig. 7 besonders gezeichnet worden. In dem festliegenden Gliede s_1 besitzen der Kreis k_{14} und der Hüllpunkt D_{13} ebenso eine unveränderliche Lage zu einander, wie dies bei dem Kreise k_{23} und dem Hüllpunkte D_{24} im Gliede s_4 der Fall sein mag. Dabei ist dann das Glied s_2 in dem Gliede s_1 so beweglich, daß der Punkt D_{13} von dem Kreise k_{23} und der Punkt D_{24} von dem Kreise k_{14} umhüllt wird. Der Radius des Kreises k_{14} ist gleich dem Abstande der ursprünglichen Gelenkpunkte D_{14} und D_{24} in Fig. 4, während D_{14} der Mittelpunkt dieses Kreises ist. Ebenso ist der Radius des Kreises k_{23} mit dem Mittelpunkte D_{23} gleich dem Abstande der dortigen Gelenkpunkte D_{13} und D_{23}.

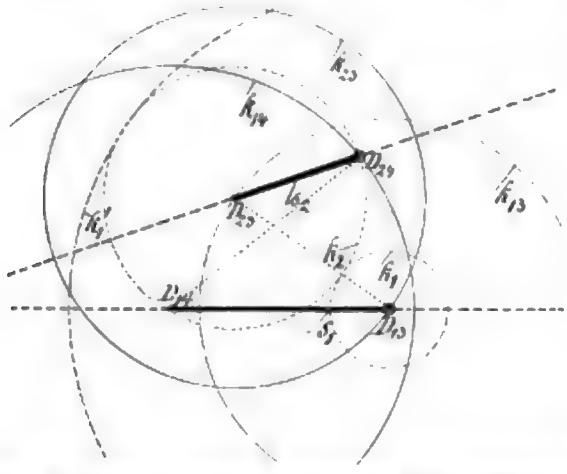


Fig. 7. Drittes zweigliedriges Getriebe des Gelenkvierecks.

Bei der Bewegung des Gliedes s_2 beschreibt jetzt der Kreismittelpunkt D_{23} den punktierten Kreis k_{13}, welcher im Gliede s_1 liegt, den Hüllpunkt D_{13} zu seinem Mittelpunkte hat und mit dem Kreise k_{23} kongruent ist. Auch wird hier der punktierte Kreis k_1 in dem Gliede s_1 von dem punktierten Kreise k_2 des beweglichen Gliedes s_2 als ein Hüllgebilde geschaffen. Die Summe der Radien dieser beiden Kreise ist nämlich gleich dem unveränderlichen Abstande der früheren Gelenke D_{13} und D_{23}. Der bewegliche Kreis k_2 umhüllt in s_1 nicht nur den Kreis k_1, sondern gleichzeitig auch noch den Kreis k_1', welcher konzentrisch zu dem Kreise k_1 liegt. Die Peripherie des letzteren und des Kreises k_1' sind um den Durchmesser des beweglichen Kreises k_2 voneinander entfernt.

Es ist übrigens leicht zu erkennen, daß der Kreis k_2, je nach der Länge der Seiten des ursprünglichen Gelenkviereckes, die Kreise k_1 und k_1' entweder in ihren vollen Ausdehnungen erzeugt, oder nur kürzere oder längere Bogen von ihnen umhüllt.

Aus den neuen zweigliedrigen Getrieben nach Fig. 7 werden leicht andere mathematische Bahnengetriebe erhalten, wenn nur einer von den Kreisen, welche das Hüll-

Digitized by Google

punktepaar D_{13}, D_{24} erzeugen, oder gleichzeitig beide unendlich groß angenommen werden. Dadurch werden wiederum einfache mathematische Bahnengetriebe erhalten, welche ihren wesentlichen Eigenschaften nach schon zum Teil bekannt sind. Eine ausführliche Besprechung dieser Getriebe würde hier jedoch zu weit führen. Von ihnen werden an geeigneter Stelle nur diejenigen Erwähnung finden, welche zur Klarlegung wirklich neuer Eigenschaften des allgemeinen Gelenkvierecks von Bedeutung sind.

Bei dem zweigliedrigen Getriebe nach Fig. 7 kann der Hüllpunkt D_{13}, welchen der Kreis k_{23} in dem Gliede s_1 erzeugt, durch die beiden konzentrischen Kreise k_1 und k_1' ersetzt werden, weil letztere vom Kreise k_2 des beweglichen Gliedes s_2 in dem

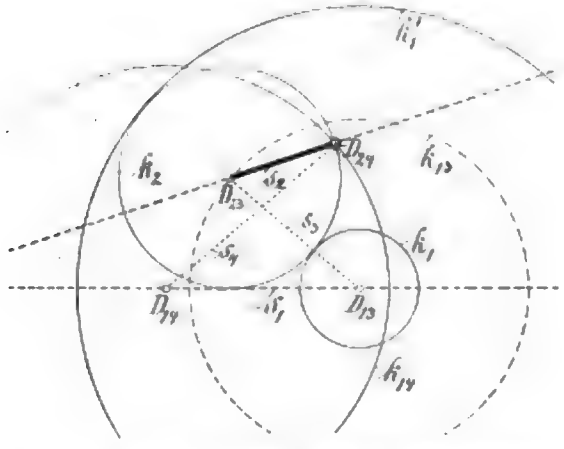


Fig. 8. Abart des dritten zweigliedrigen Getriebes des Gelenkvierecks.

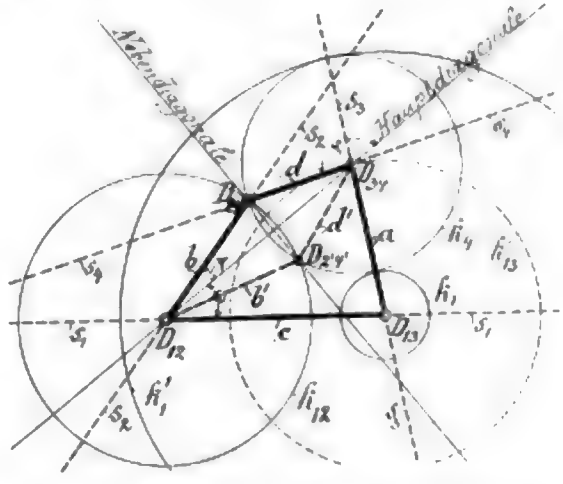


Fig. 9. Gelenkviereck mit erstem Begleitviereck.

feststehenden Gliede s_1 als Hüllgebilde geschaffen werden. Der Punkt D_{24} der Kreislinie k_2 durchläuft einen Bogen der Kreislinie k_{14}, und ebenso der Mittelpunkt D_{23} des Kreises k_2 einen Bogen des in Fig. 8 punktierten und mit k_{13}, wie in Fig. 7, bezeichneten Kreises. In diesem aus Fig. 7 abgeleiteten zweigliedrigen Bahnengetriebe der Fig. 8 kann der Kreis k_2 als Träger des beweglichen Gliedes s_2 gelten, in welchem der im Gliede s_1 befindliche feststehende Kreis k_{14} den Punkt D_{24} als Hüllgebilde erzeugt. Gerade das in Fig. 8 gezeichnete zweigliedrige Getriebe ist zur Ermittelung neuer Eigenschaften des allgemeinen ebenen Gelenkvierecks ganz besonders geeignet, wie im Nachstehenden gezeigt werden wird.

Zu dem genannten Zwecke ist in Fig. 9 ein allgemeines Gelenkviereck gezeichnet; es hat die Gelenke D_{12}, D_{13}, D_{24} und D_{34} und Seiten von den Längen a, b, c und d. In diesem Viereck mag das Glied s_1, welches die Seite c bildet und die Gelenkpunkte D_{12} und D_{13} besitzt, festgestellt sein, und die Seiten a, b und d mögen der Reihe

nach den Gliedern s_3, s_2 und s_4 angehören. Alsdann ist es am zweckmäßigsten, das Gelenkviereck auf ein zweigliedriges Getriebe mit den Seiten s_1 und s_4 in der Weise zurückzuführen, wie es in Fig. 8 geschehen war.

Zu diesem Zwecke mag das Glied s_4 mit der Seite d und den Gelenken D_{34} und D_{24} den Kreis k_4 als Träger erhalten. Der mit einem Mittelpunkte D_{34} auf dem Kreise k_{13} bewegte Kreis k_4 hat dann die Seite d zum Radius und erzeugt im Gliede s_1 die conzentrischen Kreise k_1 und k_1' als Hüllgebilde. Werden letztere als gegeben betrachtet, dann braucht nur noch ein Punkt D_{24} der Kreislinie k_4 auf dem im Gliede s_1 festliegenden Kreise k_{12} mit dem Radius von der Länge b geführt zu werden, um die Art und Weise der Bewegung des Gliedes s_4 in Bezug auf das Glied s_1 nicht zu verändern. Bei dieser Führung des Punktes D_{24} erzeugt ihn der feststehende Kreis k_{12} als Hüllgebilde in dem beweglichen Gliede s_4.

Der Kreis k_4, welcher als Träger des in dem feststehenden Glied s_1 beweglichen Gliedes s_4 bezeichnet worden ist, schneidet den feststehenden Kreis k_{12} nicht bloß in dem Punkte D_{24}, sondern auch noch in einem zweiten Punkte $D_2'_4'$; und es erleidet dieser während der Bewegung von s_4, bezw. dessen Trägers k_4, auf dem Kreise k_{12} gesetzmäßige Verschiebungen. Indem dabei die Kreise k_4 und k_{12} ihre Größe nicht ändern, bleiben auch die Entfernungen [$d' = d$ und $b' = b$] des Punktes $D_2'_4'$ von den Kreismittelpunkten D_{34} und D_{12} unverändert. Der Punkt $D_2'_4'$ kann als Gelenkpunkt von zwei ebenen Systemen (Gliedern) aufgefaßt werden, welche mit den beiden Gliedern s_1 und s_4 zusammenfallen, und von denen die punktiert gezeichneten Linien d' und b' als Träger aufzufassen sind. Die beiden neuen Glieder, nämlich s_4' mit d' und s_2' mit b' als Träger, haben D_{12} und D_{34} zu Gelenkpunkten mit den bezüglichen Gliedern s_2 und s_4 im ursprünglichen Gelenkviereck. Letzteren sind dadurch zwei neue Glieder hinzugefügt worden, und es liegt dann in Wirklichkeit ein „sechsgliedriges Gelenkgetriebe“ vor.

Dieses Getriebe enthält nun außer dem ursprünglichen Gelenkviereck $D_{12}\,D_{13}\,D_{34}\,D_{24}$ noch zwei andere Gelenkvierecke, nämlich:

1. $D_{12}\,D_{13}\,D_{34}\,D_2'_4'$, das bekannte „umgeschlagene Gelenkviereck“, und
2. $D_{12}\,D_{24}\,D_{34}\,D_2'_4'$, ein Gelenkviereck, welches ich ein „Begleitviereck“ des ursprünglichen Gelenkvierecks nenne.

Bei dem Begleitviereck sind immer die an den Enden der einen Diagonale, welche zugleich eine solche des ursprünglichen Vierecks ist, zusammenstoßenden zwei Seiten einander gleich. Diese Diagonale ist gleichzeitig eine Symmetrieachse des Begleitvierecks. Dieselbe nenne ich die „Hauptdiagonale des Begleitvierecks“ im Gegensatze zu der anderen Diagonale, welche ich die „Nebendiagonale“ heiße.

Ein Begleitviereck eines Gelenkvierecks kann nur entweder ein Deltoïd oder ein Rhombus sein, was aus seiner Entstehungsart leicht übersehen werden kann. Die Diagonalen des Begleitvierecks stehen deswegen immer senkrecht zu einander.

Zu jeder Seite des Gelenkvierecks gibt es zwei Begleitvierecke, so daß es für jedes Gelenkviereck im allgemeinen acht Begleitvierecke geben wird.

Jede Hauptdiagonale eines Begleitviereckes fällt mit der einen Gelenkvierecksdiagonale zusammen und umhüllt einen Gelenkpunkt des ursprünglichen Gelenkvierecks.

Digitized by Google

Dagegen fallen die Hüllgebilde der Nebendiagonalen sehr verschieden aus, je nach der Beschaffenheit der Längen der Seiten des Gelenkviereckes im Vergleich zu einander.

Zur Bestimmung des Hüllgebildes der Nebendiagonale des in Fig. 9 gezeichneten Begleitviereckes, ist in Fig. 10 die Nebendiagonale als die gemeinschaftliche Sekante der beiden Kreise k_4 und k_{12} besonders herausgezeichnet worden. Der Kreis k_{12} mit dem Mittelpunkte D_{12} und einem Radius gleich der Viereckseite b steht fest. Dagegen bewegt sich der Kreis k_4, welchem ein Radius gleich der Viereckseite d eigen ist, mit seinem Mittelpunkte D_{34} auf der Kreislinie k_{13}, welche den Mittelpunkt D_{13} und einen Radius gleich der Viereckseite a hat. Bei dieser Bewegung durchläuft der Mittelpunkt D_{34} einen Bogen der Kreislinie k_{13}, welcher durch die Längen der Viereckseiten leicht zu bestimmen ist. Damit der in Rede stehende Mittelpunkt D_{34} des beweglichen Kreises k_4 die Kreislinie k_{13} in ihrem vollen Umfange durchlaufen kann, müssen die Seiten des Gelenkvierecks folgenden Bedingungen genügen: entweder muß

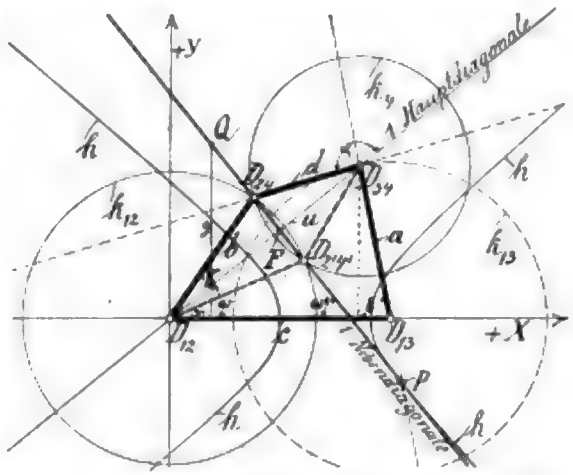


Fig. 10. Doppelthyperbolisches Gelenkviereck mit erstem Begleitviereck.

$$d + b = a + c, \tag{1}$$

oder

$$d + a = b + c \tag{2}$$

sein. In jedem anderen Falle beschreibt D_{34} nur einen Bogen von k_{13}. Bei der Bewegung verändert die Nebendiagonale fortwährend ihre Lage in dem festgestellten Gliede mit der Seite c.

Zur Bestimmung der Gleichung der Hüllbahn der Nebendiagonale möge der Gelenkpunkt D_{12} zum Nullpunkte eines rechtwinkligen Koordinatensystems gewählt werden, dessen X-Achse in die Seite c fällt. Alsdann mögen x und y die Koordinaten eines beliebigen Punktes Q der Nebendiagonale sein. Die Gleichung der Nebendiagonale läßt sich dann leicht als die der gemeinschaftlichen Durchschnittslinie der beiden Kreise k_{12} und k_4 finden.

In dem gewählten Koordinatensystem hat die Gleichung des Kreises k_{12} die Form:

$$x^2 + y^2 = b^2. \tag{3}$$

Dahingegen lautet die Gleichung des Kreises k_4, wie aus Fig. 10 leicht abzulesen ist, also:

$$(x - c + a\cos\varepsilon)^2 + (y - a\sin\varepsilon)^2 = d^2 \quad : \tag{4}$$

Durch Substraktion der Gleichungen 3 und 4 von einander ergibt sich sofort die gesuchte Gleichung der Nebendiagonale, welche also lautet:

$$2a(x - c)\cos\varepsilon + 2ay\sin\varepsilon = a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx \tag{5}$$

Durch Differenzierung dieser Gleichung nach dem Parameter s und durch Elimination des Parameters*) aus der Gleichung 5 und der differenzierten Gleichung ergibt sich sofort die Gleichung der von der Nebendiagonale umhüllten Kurve. Dieselbe lautet also:

$$4\,a^2\,(x-c)^2 + 4\,a^2y^2 = [a^2+b^2+c^2-d^2-2\,cx]^2 \qquad (6)$$

Diese Gleichung kann auch auf folgende Form gebracht werden:

$$4(a^2-c^2)\,x^2 + 4a^2y^2 = [a^2+b^2+c^2-d^2]^2 - 4c\,[-a^2+b^2+c^2-d^2]x - 4\,a^2c^2 \qquad (7)$$

Dies ist aber die Gleichung eines Kegelschnittes, dessen Hauptachse mit der X-Achse zusammenfällt, so daß also folgender Lehrsatz ausgesprochen werden kann:

„Im allgemeinen Gelenkviereck umhüllt die Nebendiagonale eines Begleitviereckes einen Kegelschnitt."

Die Abstände x_0 und x_{00} der Scheitelpunkte dieses Kegelschnittes vom Koordinatenursprung D_{12} haben die Werte:

$$x_0 = [(a+c)^2 + b^2 - d^2] : 2\,(a+c) \qquad (8)$$

und

$$x_{00} = [(a-c)^2 + b^2 - d^2] : 2\,(c-a) \qquad (9)$$

Der mit der X-Achse zusammenfallende Durchmesser des umhüllten Kegelschnittes besitzt die Länge $x_0 - x_{00}$, deren Wert die Gleichungen 8 und 9 liefern, nämlich zu

$$x_0 - x_{00} = a\,[a^2+b^2-c^2-d^2] : [c^2-a^2] \qquad (10)$$

Die Gleichung 7 des Hüllkegelschnittes läßt ohne weiteres erkennen, daß derselbe

für $a = c$ eine Parabel,
- $a > c$ - Ellipse und
- $a < c$ - Hyperbel sein wird.

Für $a = c$ ergibt übrigens auch die Gleichung 10 einen unendlich großen, in die X-Achse fallenden Durchmesser des Hüllkegelschnittes, welcher Durchmesser auf das Vorhandensein einer Parabel schließen läßt.

Da in Fig. 10 die Gelenkviereckseite a kleiner als die Seite c gewählt worden ist, wird die Nebendiagonale in dem Gliede mit der Seite c eine Hyperbel h umhüllen. Von letzterer liegt der eine Brennpunkt in dem Gelenkpunkte D_{13}, was aus den Gleichungen 6 bis 10 leicht gefunden werden kann.

Der Schnittpunkt P der Nebendiagonale mit der Seite a des Gelenkviereckes ist der Berührungspunkt der Nebendiagonale mit dem von ihr umhüllten Kegelschnitte, d. h. in Fig. 10 mit der Hüllhyperbel h.

Zum Beweise dieses Satzes genügt es, die Gleichung des geometrischen Ortes des Punktes P, d. h. seine Bahn zu bestimmen. Dies kann am einfachsten in folgender Weise geschehen:

In dem gewählten rechtwinkeligen Koordinatensysteme der Fig. 10 bildet die

*) Vergl. Torka's Grundlage der Getriebelehre 1900, S. 19. Verlag von Rud. Mewes in Berlin.

Digitized by Google

Gelenkviereckseite a mit der positiven X-Achse den Winkel $\pi - \varepsilon$. Die Gleichung dieser Seite lautet daher also:

$$\operatorname{tg}(\pi - \varepsilon) = y : (c - x),$$

oder

$$\operatorname{tg} \varepsilon = y : (x - c) \qquad (11)$$

Die Gleichung der Nebendiagonale ist bereits oben durch die Gleichung 5 zum Ausdruck gebracht worden. Durch Elimination des veränderlichen Winkels ε aus den Gleichungen 5 und 11 wird daher sofort die Gleichung der Bahn des Punktes P erhalten.

Das in Rede stehende Eliminationsresultat nimmt zunächst die Form an:

$$2a(x-c)^2 : \sqrt{(x-c)^2 + y^2} + 2ay^2 : \sqrt{(x-c)^2 + y^2} = a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx, \text{ oder}$$

$$[2a(x-c)^2 + 2ay^2]^2 = [(x-c)^2 + y^2] \cdot [a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx]^2, \text{ oder}$$

$$[(x-c)^2 + y^2] \cdot [(2a)^2 \{(x-c)^2 + y^2\} - [a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx]^2] = 0 \qquad (12)$$

Diese Gleichung zerfällt aber sofort in folgende zwei Gleichungen:

$$(x-c)^2 + y^2 = 0 \qquad (13)$$

und

$$4a^2(x-c)^2 + 4a^2y^2 - [a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx]^2 = 0,$$

oder

$$4a^2(x-c)^2 + 4a^2y^2 = [a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx]^2 \qquad (14)$$

Die Gleichung 13 ist die eines Kreises vom Radius gleich Null und mit einem Mittelpunkte, welcher mit dem Gelenkpunkt D_{12} zusammenfällt; sie definiert also auch diesen Punkt als solchen, welcher ein Hüllpunkt oder das Zentrum eines Strahlenbüschels ist, welches von der unendlich langen Gelenkviereckseite a in der Koordinatenebene erzeugt wird.

Die Gleichung 14 stimmt mit der Gleichung 6 völlig überein. Die Bahn des Punktes P fällt also mit dem von der Nebendiagonale umhüllten Kegelschnitte zusammen

Es besteht also folgender allgemein gültige

Lehrsatz: „Im ebenen Gelenkviereck umhüllt die Nebendiagonale eines Begleitviereckes einen Kegelschnitt, und ihr Berührungspunkt liegt auf der beweglichen Gelenkviereckseite, welche dem Begleitviereck nicht angehört."

Eine andere Methode der Entwickelung der Gleichung der Hüllkurve der Nebendiagonale beruht darauf, daß statt des Drehwinkels ε der Drehwinkel ω der Hauptdiagonale in Rechnung gebracht wird, welcher den der Nebendiagonale zu einem Rechten ergänzt. Dadurch wird aber nicht nur die gesuchte Gleichung der Hüllbahn der Nebendiagonale, sondern gleichzeitig auch noch eine Bedingungsgleichung erhalten, die zwischen den Seitenlängen des Gelenkviereckes bestehen soll. Gerade dieser Bedingungsgleichung wegen ist diese nachfolgende Entwickelungsmethode von besonderer Bedeutung.

Da in einem Begleitviereck eines allgemeinen Gelenkviereckes die Haupt- und Nebendiagonale immer senkrecht auf einander stehen, so kann durch den Drehwinkel ω_1 (Fig. 10) der Hauptdiagonale gleichzeitig auch der Drehwinkel ω' der Nebendiagonale gemessen werden, denn es besteht zwischen beiden die Gleichung

$$\omega' = \frac{\pi - \omega}{2} \qquad (15)$$

Zwischen dem Winkel ε und dem Winkel ω kann aus Fig. 10 folgende Beziehung leicht abgelesen werden:

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{a \sin\varepsilon}{c - a\cos\varepsilon} \tag{16}$$

Durch Elimination des Winkels ε aus dieser Gleichung und der Gleichung 5 ergibt sich folgendes Resultat:

$$\begin{aligned}[(a^2 - c^2)y^2 - \{c(x-c) - aC\}^2]\operatorname{tg}^2\omega + [2ac\,Cy \\ - 2a^2(x-c)y]\operatorname{tg}\omega - a^2C^2 + a^2(x-c)^2 = 0,\end{aligned} \tag{17}$$

wenn gesetzt wird

$$C = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx}{2a} \tag{18}$$

Durch Differenzierung der Gleichung 17 nach dem Parameter ω und durch Elimination des Parameters*) aus der differenzierten und ursprünglichen Gleichung 17 ergibt sich folgendes Eliminationsresultat:

$4a^2[cCy - ay(x-c)]^2 = -4a^2[C^2 - (x+c)^2] \cdot [(a^2 - c^2)y^2 - \{c(x-c) - aC\}^2]$, oder

$$[Cc - a(x+c)]^2y^2 = [C^2 - (x+c)^2] \cdot [\{c(x+c) - aC\}^2 - (a^2 - c^2)y^2] \tag{19}$$

Durch gehörige Reduktion nimmt diese Gleichung die Form an:

$$[y^2 - C^2 + (x-c)^2] \cdot [-2ac\,C(x-c) + a^2C^2 + c^2(x-c)^2] = 0,$$

d. h. es ist entweder

$$y^2 + (x-c)^2 - C^2 = 0, \tag{20}$$

oder

$$2ac(x-c)C - a^2C^2 - c^2(x-c)^2 = 0 \tag{21}$$

Indem nun in Gleichung 20 für C der Wert aus Gleichung 18 eingesetzt wird, folgt das Resultat

$$4a^2(x-c)^2 + 4a^2y^2 = [a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx]^2, \tag{22}$$

welches mit der obigen Gleichung 6 bezw. 14 völlig übereinstimmt und die gesuchte Gleichung der Hüllbahn der Nebendiagonale ist.

Wird dagegen in die Gleichung 21 der obige Wert für C substituiert, dann nimmt sie nach einer kleinen Reduktion folgende Form an:

$$[a^2 + b^2 - c^2 - d^2]^2 = 0, \tag{23}$$

welche die schon oben erwähnte Bedingungsgleichung zwischen den Seitenlängen des Gelenkviereckes ist, nämlich

$$a^2 + b^2 = c^2 + d^2 \tag{24}$$

und zweifach auftritt, indem nämlich die Quadratwurzel der Gleichung 23 sowohl positiv als auch negativ sein kann. Obgleich die beiden verschiedenen Vorzeichen schließlich die nämliche Bedingungsgleichung 24 ergeben, so liegt dem Resultate der Gleichung 23 doch eine bestimmte geometrische Eigenschaft desjenigen Gelenkviereckes zu Grunde, welches der gefundenen Bedingung genügt. Diese in Rede stehende geometrische Eigenschaft des fraglichen Gelenkviereckes wird in einer nachfolgenden Untersuchung klargelegt werden, nachdem zunächst noch die Beziehungen zwischen den veränderlichen Winkeln, welche die Seiten und Diagonalen des Gelenkviereckes miteinander einschließen, ermittelt sein werden.

*) S. Torka's Grundlage der Getriebelehre, S. 18.

Digitized by Google

Ein besonderes Interesse bieten zunächst die Beziehungen dar, welche zwischen dem Drehwinkel ε, Fig. 10, und denjenigen Winkeln bestehen, die von der Haupt- und Nebendiagonale und von den Seiten des Gelenkviereckes eingeschlossen werden.

Bezeichnet u die Länge der Hauptdiagonale $D_{12}\,D_{34}$ und ω den Winkel, welchen sie mit der festliegenden Seite c des Gelenkviereckes bildet, dann ist

$$u = a\,\frac{\sin\varepsilon}{\sin\omega} \tag{25}$$

ferner ergibt das Dreieck mit den Seiten a, c und u die Gleichung

$$u^2 = a^2 + c^2 - 2\,ac\,.\,\cos\varepsilon \tag{26}$$

Durch Vergleichung der beiden letzten Gleichungen miteinander ergibt sich die Gleichung

$$\sin^2\omega = \frac{a^2\sin^2\varepsilon}{a^2 + c^2 - 2\,ac\,.\,\cos\varepsilon} \tag{27}$$

Eine sehr einfache Beziehung zwischen den Winkeln ε und ω, welche aus dem in Rede stehenden Dreieck leicht abgelesen werden kann, ist schon durch die Gleichung 16 bekannt geworden, und lautet also:

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{a\sin\varepsilon}{c - a\cos\varepsilon} \tag{28}$$

Die Nebendiagonale steht auf der Hauptdiagonale senkrecht. Erstere schließt daher mit Seite c einen Winkel ω' ein, dessen Wert schon durch die obige Gleichung 15 bestimmt ist.

Bezeichnen φ und ψ die Neigungswinkel der Seiten b bezw. d zu der Hauptdiagonale, nach derselben Richtung derselben hin gemessen, dann bilden die Seiten b und d den Winkel $\varphi - \psi$ miteinander, und es können dann aus Fig. 10 leicht folgende Gleichungen abgelesen werden:

$$u^2 = a^2 + c^2 - 2\,ac\cos\varepsilon$$

und

$$u^2 = b^2 + d^2 - 2\,bd\cos(\varphi - \psi).$$

Aus diesen zwei Gleichungen folgt sofort die Gleichung

$$2\,bd\cos(\varphi - \psi) = b^2 + d^2 - a^2 - c^2 + 2\,ac\cos\varepsilon \tag{29}$$

Es ergibt die Fig. 10 auch noch folgende Beziehung zwischen den Winkeln φ und ψ:

$$d\sin\varphi = b\sin\psi \tag{30}$$

Aus den Gleichungen 29 und 30 werden leicht folgende Werte für die Winkel φ und ψ gefunden:

$$\sin^2\varphi = \frac{4\,b^2d^2 - [b^2 + d^2 - a^2 - c^2 + 2\,ac\cos\varepsilon]}{4\,d^2\,[a^2 + c^2 - 2\,ac\cos\varepsilon]} \tag{31}$$

und

$$\sin^2\psi = \frac{4\,b^2d_2 - [b^2 + d^2 - a^2 - c^2 + 2\,ac\cos\varepsilon]}{4\,b^2[a^2 + c^2 - 2\,ac\cos\varepsilon]} \tag{32}$$

Der Winkel, den die Hauptdiagonale mit der Seite a des Gelenkviereckes einschließt, ist ohne weiteres durch den Winkel ε mittels des für den Winkel ω gefundenen Wertes, Gleichungen 16 bezw. 28 zu berechnen, da er mit ω und ε zusammen Dreieckswinkel bildet.

Digitized by Google

Die Beziehungen der Winkel, welche die Seiten b und d mit der Seite c einschließen, zu dem veränderlichen Winkel ε lassen sich schließlich auch noch leicht feststellen, was hier jedoch zu weit führen würde.

Für die Beurteilung des Gelenkviereckes als eines mathematischen Getriebes ist noch von einem besonderen Werte die Bestimmung der Bahn des Punktes F (Fig. 10), in welchem sich die Haupt- und Nebendiagonale schneiden. Die Gleichung dieser Punktbahn in rechtwinkligen Koordinaten des gewählten Systems wird am einfachsten mittels der Gleichung 5, welche die Nebendiagonale definiert, und der Gleichung der Hauptdiagonale gefunden. Die Gleichung dieser Hauptdiagonale, welche stets durch den Nullpunkt D_{12} des Koordinatensystems hindurchgeht, lautet also:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{y}{x}. \tag{33}$$

Durch Vergleichung dieser Gleichung mit der obigen Gleichung 28 ergibt sich sofort die Gleichung

$$ay \cos \varepsilon + ax \sin \varepsilon = cy \tag{34}$$

welche mit der bereits genannten Gleichung 5 zur Bestimmung der Gleichung der Bahn des Punktes F vorteilhaft verwendet werden kann, indem dann aus beiden nur der Wert ε eliminiert zu werden braucht.

Aus den Gleichungen 5 und 34 ergeben sich zunächst die Werte:

$$\cos \varepsilon = \frac{cy^2 - axN}{a[y^2 - x^2 + cx]} \tag{35}$$

und

$$\sin \varepsilon = \frac{y[aN - c(x - c)]}{a[y^2 - x^2 + cx]}, \tag{36}$$

wenn

$$N = [a^2 + b^2 + c^2 - d^2 - 2cx] : 2a \tag{37}$$

gesetzt worden ist.

Die Gleichungen 35 und 36 liefern dann sofort folgende Gleichung

$$a^2[y^2 - x(x - c)]^2 = [cy^2 - axN]^2 + y^2[aN - c(x - c)]^2 \tag{38}$$

für die gesuchte Bahn des Punktes F.

Der Punkt F durchläuft also während der Bewegung des Gelenkviereckes eine Kurve vierter Ordnung; ihre Gestalt und Lage in der Koordinatenebene, bezw. in dem festgehaltenen Gliede c des Gelenkviereckes, ist abhängig von der Gestalt und Lage des von der Nebendiagonale umhüllten Kegelschnittes und von der Lage des Punktes D_{12} zu dem Kegelschnitte. Die Bahn des Punktes F ist nämlich identisch mit dem geometrischen Orte der Fußpunkte aller Lote, welche von dem Nullpunkte D_{12} des gewählten Koordinatensystems auf die Tangenten (die verschiedenen Lagen der Nebendiagonalen) des jedesmal erzeugten Hüllkegelschnittes gefällt werden können. Dabei mag nicht übersehen werden, daß der Punkt D_{12} immer ein Punkt der Hauptachse des Hüllkegelschnittes ist, sodaß also im vorliegenden Falle die Bahn des Punktes F als die Fußpunkturkurve des Hüllkegelschnittes aus einem Punkte der Hauptachse desselben ist.

Digitized by Google

Indem nun die ebenen Systeme der Haupt- und Nebendiagonale zu einem einzigen starren System miteinander verbunden werden, gehört der Punkt F beiden als ein Systempunkt an. Alsdann muß aber in Fig. 10 die Nebendiagonale durch die Gelenkpunkte D_{34} und $D_{3'4'}$ und die Hauptdiagonale sowohl durch den Gelenkpunkt D_{34} als auch gleichzeitig durch das Gelenk D_{12} hindurchschiebbar sein, wenn die Beweglichkeit des Gelenkviereckes nicht gestört werden soll.

Das Gelenkviereck bewegt dann das aus dem Haupt- und Nebendiagonalensystem zusammengesetzte ebene System auch so, daß ein Schenkel (Hauptdiagonale) eines rechten Winkels immer durch einen festen Punkt D_{12} hindurchgeht, während der zweite Schenkel (Nebendiagonale) desselben Winkels einen bezüglich D_{12} festliegenden Kegelschnitt umhüllt. Dabei halten der Punkt D_{12} und der Kegelschnitt in dem System der Seite c des Gelenkviereckes eine unveränderliche Lage fest.

Wird dagegen statt des Hüllkegelschnittes die Bahn des Punktes F des zusammengesetzten Diagonalensystems benutzt, dann wird letzteres durch das Gelenkviereck auch gerade so bewegt, als wenn eine Linie (Hauptdiagonale) desselben immer durch einen festen Punkt D_{12} hindurchgeschoben würde, während gleichzeitig ein Punkt (der Punkt F) dieser Geraden auf einer Kurve vierter Ordnung (der Bahn des Punktes F) bewegt würde. Während dieser Bewegung umhüllt dann die in dem Kurvenpunkte F zu der durch den festen Punkt D_{12} hindurchgeschobenen Geraden errichtete Senkrechte einen Kegelschnitt.

Hieraus kann gefolgert werden, daß Hüllkegelschnitte auch durch Geraden eines bewegten starren ebenen Systems erzeugt werden können, indem letzteres mittels festliegender Kurven vierter Ordnung in einer Bildebene — eines festgestellten ebenen Systems — konchoïdenartig geführt wird.

Die beiden zuletzt ausführlicher besprochenen geometrischen Gebilde sind „mathematische Getriebe", die nur aus zwei Systemen (Gliedern bestehen, nämlich aus der Bildebene und dem bewegten zusammengesetzten Diagonalsystem. Dabei durchläuft jeder Punkt des bewegten Systems eine ganz bestimmte Kurve, während jede beliebige Linie desselben eine ebensolche Hüllbahn erzeugt.

Es liegen daher zweigliedrige Bahnengetriebe höherer Stufe im vorliegenden Falle vor, welche einerseits miteinander vertauscht werden können, andererseits aber auch noch dem Gelenkviereck innewohnen.

Das Gelenkviereck als solches beschränkt aber zuweilen, wie ich später zeigen werde, den Umfang der Beweglichkeit der in Rede stehenden zwei zweigliedrigen mathematischen Bahnengetriebe. Übrigens dürfte es schon jetzt nicht schwer fallen, zu übersehen, daß in dem Gelenkviereck nach Fig. 10 die Nebendiagonale nur einen Bogen des Hüllkegelschnittes würde erzeugen können. Diesem Bogen entsprechend würde dann auch der Punkt F nur einen Bogen seiner Bahn durchlaufen.

Das in Fig. 10 dargestellte und ausführlicher behandelte Gelenkviereck hat außer dem schon in Betracht gezogenen noch ein zweites Begleitviereck, welches in Fig. 11 dargestellt ist. Dasselbe wird erhalten, wenn um das Gelenk D_{34} mit der Seite d als

Digitized by Google

Radius ein Kreis beschrieben wird, welcher den Führungskreis k_{13} nicht nur in dem Gelenk D_{34}, sondern auch noch in dem Punkte $D_3'_4'$ trifft. Indem alsdann letzterer zu einem neuen Gelenkpunkte gemacht wird, welcher diejenigen zwei ebenen Systeme miteinander verbindet, deren Träger die punktierten Verbindungslinien des in Rede stehenden Punktes $D_3'_4'$ mit den Punkten D_{24} und D_{13} sind, dann ist $D_{13}\,D_{24}\,D_{24}\,D_3'_4'$ das erwähnte zweite Begleitviereck des Gelenkvierecks $D_{12}\,D_{13}\,D_{34}\,D_{24}$. Außer diesen beiden ist auch noch ein drittes, nämlich das umgeschlagene Gelenkviereck $D_{12}\,D_{13}\,D_3'_4'\,D_{24}$ vorhanden.

Das Begleitviereck hat wiederum eine Hauptdiagonale $D_{13}\,D_{24}$, welche mit der zweiten Diagonale des zu behandelnden Gelenkviereckes zusammenfällt, und eine Nebendiagonale, welche durch die Gelenke D_{34} und $D_3'_4'$ hindurchgeht.

Die von dieser Nebendiagonale erzeugte Hüllkurve ist wiederum ein Kegelschnitt, dessen Gleichung ebenso gefunden wird, wie dies bei dem ersten Begleitviereck geschehen ist.

Zu diesem Zweck mag das bereits in Fig. 10 gewählte rechtwinklige Koordinatensystem auch hier beibehalten worden. Der Kreis k_4' mit dem Radius d schneidet den feststehenden Führungskreis k_{13} in Punkten der Nebendiagonale; und es ist zunächst wiederum die Gleichung dieser zu bestimmen, um die Gleichung des fraglichen Hüllkegelschnittes zu erhalten.

Bezeichnet ε' den Winkel, welchen die Seiten b und c miteinander bilden, dann lautet die Gleichung des Kreises k_4' also:

$$(x - b\cos\varepsilon')^2 + (y - b\sin\varepsilon')^2 = d^2 \qquad (39)$$

Dagegen besitzt die Gleichung des Führungskreises k_{13} die Form

$$(x - c)^2 + y^2 = a^2 \qquad (40)$$

Durch Subtraktion dieser beiden letzten Gleichungen von einander entsteht die Gleichung

$$2bx\cos\varepsilon' + 2by\sin\varepsilon' = a^2 + b^2 - c^2 - d^2 + 2cx \qquad (41)$$

Aus dieser und ihrer nach dem Parameter ε' differenzierten Gleichung ergibt sich dann, und zwar durch Elimination des Parameters ε' aus beiden sofort die Gleichung

$$4b^2x^2 + 4b^2y^2 = [a^2 + b^2 - c^2 - d^2 + 2cx]^2 \qquad (42)$$

welche den Hüllkegelschnitt der **zweiten** Nebendiagonale des ursprünglichen Gelenkviereckes definiert.

Die Abstände x_0' und x_{00}' der Scheitelpunkte dieses Kegelschnitts vom Koordinatenursprung D_{12} haben die Werte:

$$x_0' = [a^2 + b^2 - c^2 - d^2] : 2(b - c) \qquad (43)$$

$$x_{00}' = [a^2 + b^2 - c^2 - d^2] : -2(b + c) \qquad (44)$$

Der in die X-Achse fallende Durchmesser des Hüllkegelschnitts besitzt die Länge $x_0' - x_{00}'$, welche aus den Gleichungen 43 und 44 gefunden wird zu

$$x_0' - x_{00}' = b[a^2 + b^2 - c^2 - d^2] : [b^2 - c^2] \qquad (45)$$

Die Gleichung 42 kann auch folgende Form annehmen:

$$4(b^2 - c^2)x^2 + 4b^2y^2 = [a^2 + b^2 - c^2 - d^2]^2 + 4c[a^2 + b^2 - c^2 - d^2]x \qquad (46)$$

Digitized by Google

Aus der Form der Gleichungen ist sofort zu erkennen, daß der Hüllkegelschnitt

für $b = c$ eine Parabel,
- $b > c$ - Ellipse und
- $b < c$ - Hyperbel sein wird.

In Fig. 10 und 11 ist $b < c$ gewählt worden; es ist daher der fragliche Hüllkegelschnitt hier wiederum eine Hyperbel; und der Koordinatennullpunkt D_{12} ist der eine von den beiden Brennpunkten dieser Hyperbel h_1, was aus den Gleichungen 42 bis 45 leicht folgt. Diese Hyperbel h_1 wird von der sie erzeugenden Nebendiagonale in dem Schnittpunkt der letzteren mit der Gelenkviereckseite b berührt. Der Nachweis hierfür kann ebenso, wie es bei dem ersten Begleitviereck geschehen ist, leicht erbracht werden. Auch können alle Beziehungen zwischen dem Winkel s' und denjenigen, welche die jetzige zweite Hauptdiagonale mit den Seiten des Gelenkviereckes bildet, in analoger Weise, wie es dort geschehen ist, ermittelt werden. Dies würde aber für vorliegende Arbeit zu weit führen. Die bereits gefundenen Resultate reichen schon aus zur Beurteilung aller Arten von Gelenkvierecken, welche sich wesentlich voneinander unterscheiden, und die jetzt der Reihe nach besprochen werden sollen.

Das einfachste unter den allgemeinen Gelenkvierecken ist dasjenige, welches der bereits oben gefundenen Bedingungsgleichung 24 genügt. Dasselbe bildet in jeder besonderen Gruppe von Gelenkvierecken, welche wirklich Hüllkegelschnitte erzeugen, einen Grenzfall, wie in Nachstehendem gezeigt werden wird.
Genügen in den Gelenkvierecken nach Fig. 10 bezw. 11 die Seiten der in Gleichung 24 ausgedrückten Bedingung, daß nämlich

$$a^2 + b^2 = c^2 + d^2$$

ist, dann nimmt die Hüllkegelschnittsgleichung 6 bezw. 7 der ersten Nebendiagonale folgende Form an:

$$(a^2 - c^2)(x - c)^2 + a^2 y^2 = 0$$

oder

$$\frac{(x-c)^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2 - c^2} = 0 \qquad (47)$$

Dagegen erscheint dann die Hüllkegelschnittgleichung der zweiten Nebendiagonale, Fig. 11, nämlich die Gleichung 42 in folgender Gestalt:

$$b^2 x^2 + b^2 y^2 = c^2 x^2$$

oder

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{b^2 - c^2} = 0 \qquad (48)$$

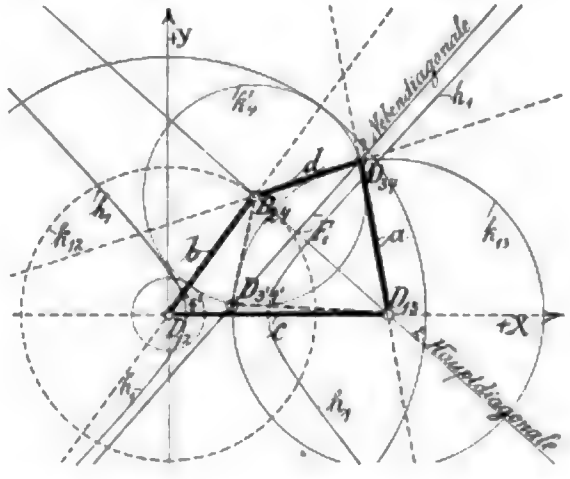


Fig. 11. Doppelthyperbolisches Gelenkviereck mit zweitem Begleitviereck.

Digitized by Google

Ist alsdann in Gleichung 47 $a > c$, so zerfällt dieselbe in zwei Gleichungen ersten Grades von der Form:

$$\left.\begin{aligned} x - c &= + iy \frac{a}{\sqrt{a^2 - c^2}} \\ \text{und} \\ x - c &= - iy \frac{a}{\sqrt{a^2 - c^2}} \end{aligned}\right\}, \qquad (49)$$

d. h. der Kegelschnitt (Ellipse), welchen die erste Nebendiagonale in Fig. 10 umhüllt, wird von zwei imaginären Geraden gebildet, welche sich in dem reellen Punkte D_{13} schneiden; für diesen Punkt liefern nämlich die Gleichungen 49 die Koordinaten:

$$y = o \text{ und } x = + c.$$

Ist dagegen in der Gleichung 47 Seite $a < c$, dann zerfällt die in Rede stehende Gleichung in folgende zwei Gleichungen ersten Grades:

$$\left.\begin{aligned} x - c &= + y \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2 - c^2}} \\ \text{und} \\ x - c &= - y \frac{a}{\sqrt{a^2 - c^2}} \end{aligned}\right\}, \qquad (50)$$

d. h. der Kegelschnitt (Hyperbel), welchen die erste Nebendiagonale in Fig. 10 umhüllt, wird dann von zwei reellen Geraden gebildet, welche sich ebenfalls in dem Punkte D_{13} schneiden; für diesen Schnittpunkt liefern nämlich die Gleichungen 50 dieselben Koordinaten, wie oben, nämlich

$$y = o \text{ und } x = + c.$$

In der Gleichung 48 ist ebenfalls auseinanderzuhalten, ob $b > c$ oder $b < c$ ist.

Im ersteren Falle schrumpft der Hüllkegelschnitt der zweiten Nebendiagonale in Fig. 11 zu dem Gelenkpunkte D_{12}, welcher als Schnittpunkt von zwei imaginären Geraden erscheint, deren Gleichungen lauten:

$$\left.\begin{aligned} x &= + iy \frac{b}{\sqrt{b^2 - c^2}} \\ \text{und} \\ x &= - iy \cdot \frac{b}{\sqrt{b^2 - c^2}} \end{aligned}\right\} \qquad (51)$$

Im zweiten Falle sind die beiden Geraden, die den Hüllkegelschnitt ersetzen, reell und haben die Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} x &= + y \frac{b}{\sqrt{b^2 - c^2}} \\ \text{und} \\ x &= - y \cdot \frac{b}{\sqrt{b^2 - c^2}} \end{aligned}\right\} \qquad (52)$$

Die beiden Paare von Gleichungen 51 und 52 geben dieselben Koordinaten, nämlich $x = o$ und $y = o$ für den Schnittpunkt sowohl der beiden imaginären als auch der reellen Geraden, in welche der Hüllkegelschnitt der zweiten Nebendiagonale in Fig. 11 bei dem in Rede stehenden Gelenkvierecke zerfallen ist.

Von den beiden Nebendiagonalen umhüllt also, wie gefunden worden ist, die eine den Gelenkpunkt D_{12} und die andere den Gelenkpunkt D_{13} des Gelenkvierecks.

Digitized by Google

Die Nebendiagonale des einen Begleitvierecks fällt in die Hauptdiagonale des anderen Begleitvierecks dieses Gelenkviereckes, was die geometrische Deutung der Bedingungsgleichung 23 ist. Es stehen aber die Diagonalen der Begleitvierecke stets aufeinander senkrecht, folglich werden die Diagonalen des in Rede stehenden Gelenkviereckes bei seiner Bewegung immer in senkrechter Lage zueinander bleiben.

Dieses Gelenkviereck mit zueinander senkrecht stehenden Diagonalen*) ist in Fig. 12 gezeichnet. Ist in demselben, den Fig. 10 und 11 entsprechend, die Seite c als festliegend vorausgesetzt, dann fallen die beiden Begleitvierecke desselben zusammen und werden von einem Rhombus mit der Seite gleich d gebildet, und es stimmen die Diagonalen des Begleitviereckes mit den Viereckdiagonalen überein. Die Gelenkpunkte D_{12} und D_{13} sind hier die Zentren derjenigen Strahlenbüschel, welche die Hüllkegelschnitte der früher kennen gelernten Nebendiagonalen ersetzen. Die oben besprochene Fußpunkturkurven zu den Hüllkegelschnitten fallen hier zusammen und bilden einen Kreis mit dem Durchmesser $D_{12}\,D_{13}$, welcher gleichzeitig die Bahn des Schnittpunktes F der Viereckdiagonalen ist.

Das aus den beiden Diagonalsystemen zusammensetzbare System ist inbezug auf jedes System der vier Seiten des Gelenkviereckes derartig beweglich, daß die Punkte desselben in allen Gliedern des Viereckes nur Kardioïden durchlaufen. Alle Strahlen des Strahlenbüschels mit dem Zentrum F des zusammengesetzten Diagonalsystems umhüllen alle Punkte derjenigen Kreislinien, welche in den Systemen der Gelenkviereckseiten liegen und die Seiten selbst zu Durchmessern haben. Jede gerade Linie des Diagonalsystems umhüllt in jedem System der vier Seiten einen Kreis, dessen Mittelpunkt mittels des Parallelstrahles des Strahlenbüschels F zu jener geraden gefunden wird. Der Schnittpunkt des Parallelstrahles mit einem der Kreise I, II, III und IV in Fig. 12, welche über den vier Seiten des Gelenkviereckes als Durchmesser beschrieben worden sind, ist dann der Mittelpunkt des fraglichen Hüllkreises. Die vier Hüllkreise, welche auf diese Art entstehen, sind kongruent, denn sie haben alle gleiche Radien, nämlich gleich dem Abstande des Parallelstrahles des Strahlenbüschels F von jener Geraden in dem Diagonalsystem.

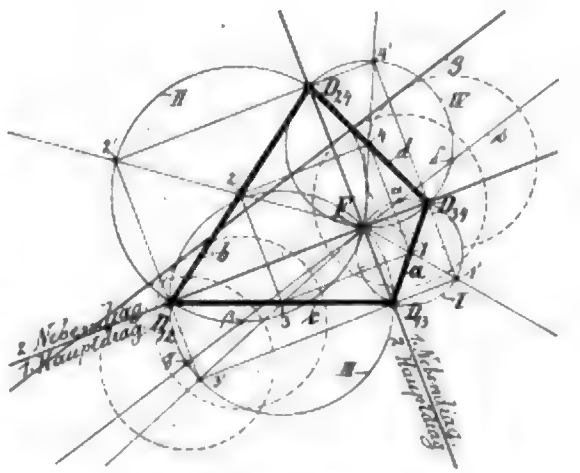


Fig. 12. Kreis-Gelenkviereck.

In Fig. 12 schneidet z. B. der Strahl s die Kreise I, II, III und IV in den Punkten α, β, γ und δ. Diese Punkte sind dann die Mittelpunkte von vier Kreisen, welche von einer Geraden g des Diagonalsystems in den Gliedern des Gelenk-

*) Vergl. Burmesters Lehrbuch der Kinematik 1888 S. 577.

Digitized by Google

viereckes umhüllt werden, wenn die Gerade g zu dem Strahle s parallel liegt. Die vier gleichen Hüllkreise sind in Fig. 12 in punktierten Linien gezeichnet.

Weil das in Rede stehende Gelenkviereck nur Hüllkreise zu schaffen geeignet ist, nenne ich es ein „Hüllkreisgelenkviereck", oder kurzweg „Kreisgelenkviereck". In einem Kreisgelenkviereck bilden die Verbindungslinien der Mitten 1, 2, 3 und 4 der Seiten a, b, c und d ein Rechteck und die Parallelen zu den Seiten dieses Rechteckes, welche durch die Gelenkpunkte des ursprünglichen Vierecks hindurchgezogen werden, ein zweites Rechteck mit den Eckpunkten 1', 2', 3' und 4'. Diese zwei Rechtecke sind ähnlich und haben das Zentrum F des Strahlenbüschels im Diagonalsystem zum Ähnlichkeitspunkte,, was mittelst bekannter planimetrischer Lehrsätze leicht nachweisbar ist.

Von dem zusammengesetzten Diagonalsystem des Kreisgelenkvierecks müssen die Diagonalen durch die Gelenkpunkte des Vierecks hindurchschiebbar sein, wenn die Beweglichkeit des Gelenkgetriebes erhalten bleiben soll. Alsdann bildet aber jedes Glied des Vierecks mit dem Diagonalsysteme zusammen den als „Kreuzzirkel" bekannten Ellipsographen, so daß bezüglich des festgestellten Diagonalsystems das Kreisgelenkviereck auch vier durch die Gelenkpunkte miteinander verbundene Kreuzzirkel darstellt. Die Beweglichkeit dieser vier miteinander gekuppelten Kreuzzirkel ist eine beschränkte, und zwar derartig, daß nur derjenige von ihnen, dem die kürzeste Seite, z. B. die Seite a in Fig. 12, angehört, Ellipsen als Punktbahnen in ihrem vollen Umfange erzeugt. Die übrigen drei Kreuzzirkel können nur Bogen von ihren elliptischen Bahnen schaffen.

Jedes Gelenkviereck ist ein Kreisgelenkviereck, wenn seine Seiten der Bedingungsgleichung 24 genügen. Es gibt zwei Sonderfälle desselben, die, obgleich sie schon allgemein bekannt sind, hier nicht übergangen werden sollen, nämlich:

a) Der „Gelenkrhombus", bei welchem alle Seiten gleich lang sind. Das Begleitviereck eines solchen Gelenkvierecks fällt mit ihm selbst zusammen. Die vier gekuppelten Kreuzzirkel, welche in dem zusammengesetzten Diagonalsysteme gebildet werden, sind kongruent und erzeugen ihre elliptischen Punktbahnen in ihrer vollen Ausdehnung.

b) Das „Gelenkdeltoïd", in welchem die an den Enden einer Diagonale zusammenstoßenden Seiten paarweise gleich sind. Das Begleitviereck dieses Gelenkvierecks kommt für alle Glieder desselben nur in zwei Gestalten vor. Diese beiden Begleitvierecke sind Rhomben, die aus den ungleich langen Seiten des Deltoïdes konstruiert werden können. Die beiden Paare der gleich langen Seiten bilden in dem zusammengesetzten Diagonalsystem des Gelenkdeltoïds zwei Paare von kongruenten Kreuzzirkeln, in welchen die elliptischen Punktbahnen, ebenso wie bei dem „Gelenkrhombus", in ihrem vollen Umfange durchlaufen werden. Über die Punktbahnen der gegenüberliegenden Glieder dieses Getriebes inbezug aufeinander ist in Burmesters Kinematik S. 306 bis 312 Ausführliches zu finden.

In neuester Zeit hat dieses Getriebe bei der in Deutschland unter No. 145 939 patentierten Rohrbiegezange von F. Schotz in Altona Anwendung gefunden.

Bei dem allgemeinen Gelenkviereck nach Fig. 10 und 11 hat die vorstehende Untersuchung ergeben, daß sowohl die erste als auch die zweite Nebendiagonale der Begleitvierecke bei festgestellter Seite c je eine hyperbolische Hüllbahn erzeugen; daß ferner die Schnittpunkte F und F_1 der Diagonalen der beiden Begleitvierecke die Fußpunktkurven der beiden Hyperbeln aus Punkten ihrer reellen Achse durchlaufen; und daß schließlich die Hyperbeln die Gelenkpunkte D_{12} und D_{13} zu je einem ihrer Brennpunkte besitzen. Für alle diese Resultate war einzig und allein maßgebend folgende Beziehung zwischen den Seiten des Gelenkvierecks:

$$a < c > b \qquad (51)$$

Diesen Bedingungen kann aber genügt werden, wenn zwischen allen vier Seiten gleichzeitig auch noch die in Gleichung 24 ausgedrückte Beziehung herrscht, daß nämlich

$$a^2 + b^2 = c^2 + d^2$$

ist; alsdann tritt aber an Stelle des allgemeinen Gelenkvierecks mit den beiden hyperpolischen Hüllbahnen der Nebendiagonalen seiner beiden Begleitvierecke das „Kreisgelenkviereck". Bei diesem degenerieren die Hyperbeln zu Strahlenbüscheln mit den Zentren D_{12} und D_{13} und die zusammenfallenden Fußpunkte F und F_1 durchlaufen beide den Kreis, welcher den Abstand dieser Zentren zum Durchmesser hat.

Für die Existenz eines Gelenkviereckes, welches Hüllhyperbeln erzeugen soll, muß es nicht nur den Bedingungen 51, sondern gleichzeitig auch noch denjenigen genügen, welche bestimmen, daß es kein Kreisgelenkviereck ist. Letzteres findet aber statt, wenn auch noch

$$a^2 + b^2 \gtrless c^2 + d^2 \qquad (52)$$

in Fig. 10 und 11 ist.

Es gibt hiernach zwei Arten von Gelenkvierecken, welche Hüllhyperbeln, und zwar nur diese, nicht etwa auch noch andere Kegelschnitte als Hüllgebilde ihrer Nebendiagonalen erzeugen. Die eine Art ist bestimmt durch die gleichzeitigen Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} a < c > b \\ a^2 + b^2 > c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \qquad (53)$$

die andere Gelenkviereckart hat dagegen die gleichzeitigen Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} a < c > b \\ a^2 + b^2 < c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \qquad (54)$$

zu ihrer Grundlage. Beide Arten unterscheiden sich wesentlich voneinander nur durch die Lage der Hüllhyperbeln zueinander in dem festgestellten Gliede des Gelenkvierecks.

Gelenkvierecke der durch die Bedingungen 53 und 54 gekennzeichneten Art erzeugen nicht bloß die beiden Hyperbeln, welche in Fig. 10 und 11 von der ersten, bezw. zweiten Nebendiagonale umhüllt werden, sondern sie sind zur Erzeugung von Scharen von Hüllhyperbeln geeignet. Dabei sind die Hüllhyperbeln der Nebendiagonalen die Hauptthyperbeln der fraglichen Hyperbelscharen.

Da nämlich in Fig. 10 der Gelenkpunkt D_{12} gleichzeitig der eine Brennpunkt der von der ersten Nebendiagonale erzeugten Hüllhyperbel h ist, so ist die Fußpunkt-

Digitized by Google

kurve dieser Hyperbel h aus dem Brennpunkte D_{13} bekanntlich ein Kreis, welcher die Hyperbel h in ihren Scheitelpunkten berührt. Mittels dieses Kreises und der auf die erste Nebendiagonale aus D_{13} gefällten Senkrechten kann die erste Nebendiagonale, bezw. das starre ebene System, dessen Träger sie ist, in dem Gliede c kreiskonoïdisch geführt worden. Dabei ist dann die aus D_{13} auf die Nebendiagonale gefällte Senkrechte der Strahl des geführten Systems, welcher den Gelenkpunkt D_{13} umhüllt. Der Fußpunkt der Senkrechten durchläuft dagegen jenen Kreis. Der Fußpunkt ist gleichzeitig das Zentrum eines Strahlenbüschels des Nebendiagonalsystems, von welchem Büschel jeder Strahl im Gliede c eine Hyperbel umhüllt. Es liegt hier nämlich das schon oben kennen gelernte zweigliedrige „Hüllhyperbelgetriebe“ vor.

Ein diesem völlig entsprechendes zweites hüllhyperbolisches Getriebe kann mittelst der zweiten Nebendiagonale des Gelenkvierecks, Fig. 11, der Hüllhyperbel h_1 und deren Brennpunkt D_{13} entwickelt werden. Dabei muß die Senkrechte aus D_{13} auf die zweite Nebendiagonale zur Führung des Nebendiagonalensystems in Anwendung gebracht werden. Der Fußpunkt der Senkrechten ist dann wiederum das Zentrum eines Büschels des Nebendiagonalensystems, dessen Strahlen alle Hüllhyperbeln im Gliede c schaffen. Ein Gelenkviereck, welches entweder den Bedingungen 53 oder 54 genügt, ist daher zur Erzeugung von zwei Scharen von Hüllhyperbeln brauchbar. Ich nenne es daher ein „doppelt hüllhyperbolisches Gelenkviereck“ oder kurzweg ein „doppelt hyperbolisches Gelenkviereck“.

Welche Bedeutung gerade das doppelt hyperbolische Gelenkviereck für den Maschinenbau hat, geht schon daraus hervor, daß in den neuesten deutschen Patentschriften der einen einzigen Patentklasse 49 folgende, mir zur Hand liegenden es sind, welche in die Augen fallende Verkörperungen dieses Getriebes enthalten:

139 942. Antriebsvorrichtung für Riemenfallhämmer von Arnold Schröder in Burg a. d. Wupper;

140 269. Getriebe zum Bewegen der gegeneinander arbeitenden Schlitten einer Mutternpresse von O. Lankhorst in Düsseldorf;

141 237. Vorrichtung zum gleichzeitigen Festnieten sämtlicher Zungen einer Harmonikaplatte von Ch. Weisz jun. in Tossingen;

144 251. Schmiedefeuer von Rudolf Golze in Dessau;

144 550. Steuerung für Lufthämmer mit einem durch ein Abschlußorgan geregelten Saug- und Druckkanal von William Graham in London;

145 940. Maschine zum Paketieren von Eisenstücken, bezw. Brockeneisen oder dergleichen von J. Edward Earnshaw & Co. in Nürnberg;

102 858. Feilenhaumaschine von J. Bêché in Hückeswagen, Rhld. usw.

Unter den hyperbolischen Gelenkvierecken stellen die „hüllhyperbolischen Gelenkparallelogramme“ oder kurzweg die „hyperbolischen Gelenkparallelogramme“ eine besondere Art derartiger Getriebe dar.

Ein „hyperbolisches Gelenkparallelogramm“ ist in Fig. 13 gezeichnet. Die Nebendiagonale, welche zu der Hauptdiagonale senkrecht steht, umhüllt hier die Hyperbel h,

welche den Gelenkpunkt D_{13} zu ihrem einen Brennpunkte hat. Die Scheitelpunkte der Hüllhyperbel liegen in den Schnittpunkten des Führungskreises K_{12} mit der feststehenden Seite c. Der Schnittpunkt P der Nebendiagonale mit der Seite a durchläuft während der Bewegung des Gelenkparallelogramms die Hüllhyperbel h und zeigt dabei immer den Berührungspunkt der Nebendiagonale auf der von ihr umhüllten Hyperbel an.

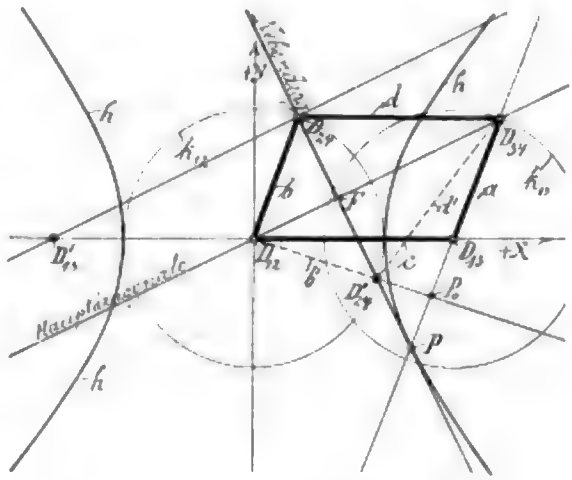


Fig. 13. Hyperbolisches Gelenkparallelogramm.

Die Gleichung der Hyperbel h ergibt sich aus der Gleichung 6, wenn in dieser $a = b$ und $c = d$ gesetzt wird. Dieselbe erscheint dann in der Form

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2 - d^2} = 1 \qquad (52)$$

Da aber in Fig. 13 die Seite $a < d$ ist, so ist auch $a^2 - d^2$ negativ und die Gleichung 52 kann in der bekannten Form

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{d^2 - a^2} = 1 \qquad (53)$$

geschrieben werden.

Die Gleichung der Bahn des Punktes F liefern die Gleichungen 37 und 38, wenn in denselben ebenfalls $a = b$ und $c = d$ gesetzt wird. Die fragliche Gleichung nimmt dann die Form an

$$a^2[y^3 - x(x - c)]^2 = [cy^2 - x(a^2 - cx)]^2 + y^2[a^2 - c(2x - c)]^2 \quad (54)$$

Diese Kurve ist symmetrisch zu den Koordinatenachsen und hat eine $\infty =$ förmige Gestalt.

Der zweite Brennpunkt D_{13}' der Hyberbel h liegt bezüglich des Koordinatennullpunktes D_{12} symmetrisch zu dem ersten Brennpunkte D_{13}. Die Verbindungslinie von D_{13}' mit D_{24} ist parallel zur Hauptdiagonale und steht daher immer senkrecht zu der Nebendiagonale. Der Kreis k_{12} ist demnach auch die Fußpunktkurve aus dem Brennpunkte D_{13}' der Hyperbel h. Es kann daher die Führung der Nebendiagonale anstatt durch die Hauptdiagonale des Gelenkparallelogrammes auch mittelst eines mathematischen Getriebes bewirkt werden, welches als „Kreiskonchoidengetriebe“ schon bekannt ist und aus dem Führungskreise k_{12}, dem Hüllpunkte D_{13}' und dem starren ebenen Systeme besteht, dessen Träger die Verbindungslinie $D_{13}' D_{24}$ ist. Letztere ist durch den Punkt D_{13}' hindurchschiebbar, während der eine ihrer Punkte, nämlich der Punkt D_{24} den feststehenden Führungskreis K_{12} durchläuft.

Alle Strahlen des Strahlenbüschels mit dem Zentrum D_{24} des beweglichen Nebendiagonalensystems umhüllen in dem feststehenden Systeme der Seite c Hyperbeln, denn es liegt hier das hyperbolische Kreiskonchoïdengetriebe vor.

Digitized by Google

Ein diesem Hüllhyperbelgetriebe kongruentes zweites Getriebe wird in Fig. 13 auch noch von dem System der Hauptdiagonale, dem Hüllpunkte D_{12} und dem Führungskreise k_{12} eines bestimmten Punktes D_{34} der Hauptdiagonale gebildet.

Die von der Nebendiagonale umhüllte, bezw. von ihrem Schnittpunkte P mit der Seite a durchlaufene Hyperbel fällt nicht mit derjenigen Hyperbel zusammen, welche bei dem umgeschlagenen Gelenkparallelogramme — als Antiparallelogramm bekannt — die eine der Polbahnen bildet. Diese Polbahn wird nämlich vom Punkte P_0 durchlaufen, welcher der Pol des aus den Seiten a und c und den punktierten Seiten b' und d' gebildeten Antiparallelogrammes ist.

Schließlich wird noch darauf hingewiesen, daß bei dem hyperbolischen Gelenkparallelogramme die von der Nebendiagonale erzeugte Hüllhyperbel in ihrer vollen Ausdehnung erzeugt wird, während es auch hyperbolische Gelenkvierecke gibt, welche nur Hyperbelbogen als Hüllgebilde schaffen. Als Beispiel gilt hierfür die Patentschrift 126 912 der Klasse 49e. Tragvorrichtung für Fall- und Schlaghammerwerke von G. Sichelstiel in Nürnberg.

In Fig. 14 ist ein Gelenkviereck gezeichnet, dessen Seiten folgenden Bedingungen genügen:

$$a > c < b \tag{55}$$

und

$$a^2 + b^2 \gtrless c^2 + d^2 \tag{56}$$

Bei diesem Gelenkviereck umhüllen die beiden Nebendiagonalen seiner zwei Begleitvierecke Ellipsen, und zwar umhüllt die Nebendiagonale zu der Hauptdiagonale $D_{12}\,D_{34}$ die Ellipse e und die Nebendiagonale zu der Hauptdiagonale $D_{13}\,D_{24}$ die Ellipse e'. Erstere hat den Gelenkpunkt D_{13} und letztere den Gelenkpunkt D_{12} zu einem ihrer Brennpunkte. Die Ellipse e hat ihren Berührungspunkt mit der sie erzeugenden ersten Nebendiagonale immer im Schnittpunkte P derselben mit der Gelenkviereckseite a. Dagegen ist der Punkt P' als Schnittpunkt der zweiten Nebendiagonale mit der Gelenkviereckseite b der Berührungspunkt der Ellipse e' mit der sie erzeugenden zweiten Nebendiagonale.

Die Schnittpunkte F und F' der Haupt- und Nebendiagonalen durchlaufen die Fußpunktenkurven der Ellipsen e und e' aus Punkten der Hauptachsen derselben. Dabei stimmt die Gleichung der Bahn des Punktes F völlig mit der Gleichung 38 überein; die Gleichung der Bahn des Punktes F' kann dagegen auf analoge Weise leicht gefunden werden.

Jede der beiden Nebendiagonalen ist ein Strahl eines Strahlenbüschels ihres Nebendiagonalensystems, welches durch das Gelenkviereck, wie schon oben gezeigt, kreiskonchoïdisch geführt wird. Alle Strahlen dieser zwei Büschel umhüllen Ellipse in dem festgehaltenen System der Gelenkviereckseite c. Die Ellipsen e und e' sind die größten in den beiden Hüllellipsenscharen, welche von den Strahlen der beiden Strahlenbüschel erzeugt werden.

Digitized by Google

Da ein Gelenkviereck, welches den Bedingungen 55 und 56 genügt, zur Erzeugung von zwei Scharen von Hüllellipsen geeignet ist, nenne ich es ein doppeltes „Hüllellipsengelenkviereck“ oder kurzweg ein „doppelt elliptisches Gelenkviereck“.

Unter den Sonderfällen des doppelten elliptischen Gelenkvierecks verdient zunächst das Hüllellipsenparallelogramm eine besondere Beachtung. Dasselbe ist in Fig. 15 gezeichnet und genügt auch den Bedingungen 55 und 56. Die gezeichnete Nebendiagonale umhüllt die Ellipse e, deren Gleichung mittelst der Gleichung 6 leicht gefunden wird, wenn in dieser $a = b$ und $c = d$ gesetzt wird. Dieselbe nimmt dann die Form der Gleichung 52 an, weil hier $a > d$ ist. Die Gleichung der Bahn des Fußpunktes F stimmt mit der Gleichung 54 überein. Diese Kurve ist ∞ = förmig und ist inbezug auf die Koordinatenachsen doppelt symmetrisch.

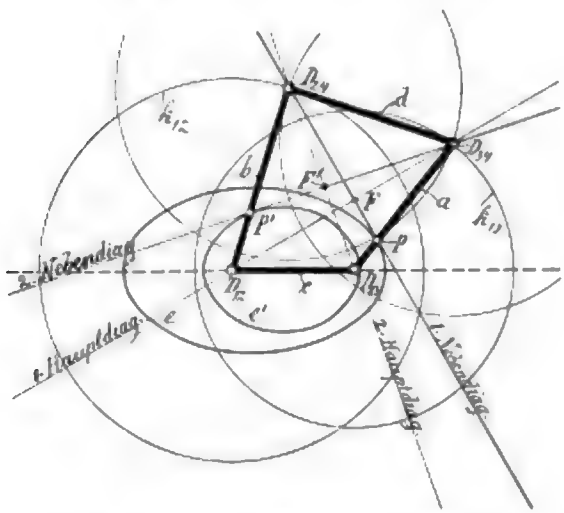


Fig. 14. Doppelt elliptisches Gelenkviereck.

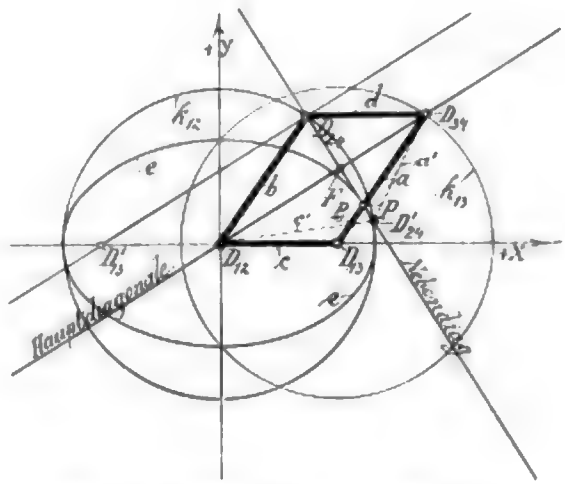


Fig. 15. Elliptisches Gelenkparallelogramm.

Der zweite Brennpunkt D_{13}' der Ellipse e liegt auf der negativen X-Achse im Abstande c vom Koordinatennullpunkt D_{12}. Die Verbindungslinie $D_{13}' D_{24}$ ist parallel zur Hauptdiagonale und steht daher auf der gezeichneten Nebendiagonale senkrecht. Der Punkt D_{24} durchläuft daher die Fußpunkturkurve der Ellipse e aus ihrem Brennpunkt D_{13}'. Diese Fußpunktkurve wird daher von dem Führungskreise k_{12} gebildet. Die Nebendiagonale ε kann also statt durch die Hauptdiagonale des Gelenkparallelogrammes, durch den Kreis k_{12}, die Verbindungslinie $D_{13}' D_{24}$ und den Hüllpunkt D_{13}' geführt werden, um die Ellipse e als ein Hüllgebilde zu erzeugen. Das soeben entwickelte mathematische Getriebe ist das bekannte Hüllellipsengetriebe und hat die Eigenschaft, daß das Strahlenbüschel D_{24} des starren ebenen Systems der Verbindungslinie $D_{13}' D_{24}$ in dem festehenden Gliede c eine Schaar von Hüllellipsen erzeugt, welche alle den Gelenkpunkt D_{13}' zu ihrem gemeinschaftlichen Brennpunkt haben. Ebenso

wie das starre System der gezeichneten Nebendiagonale durch das Gelenkparallelogramm kreiskonchoidisch geführt wird und zur Schaffung einer Schaar von Ellipsen geeignet ist, kann auch das System der anderen Nebendiagonale zur Erzeugung einer zweiten Schaar von Hüllellipsen in dem Gliede c benutzt werden. Ich nenne dieses Getriebe ein „hüllelliptisches Gelenkparallelogramm“, oder kurzweg ein „elliptisches Gelenkparallelogramm“.

Übrigens ist aus Fig. 15 noch leicht zu übersehen, daß das System der Nebendiagonale durch den Hüllpunkt D_{13}' und den Führungskreis k_{13} genau so in dem Gliede c geführt wird, wie das System der Hauptdiagonale durch ihren Hüllpunkt D_{13} und ihren Führungskreis k_{13}; ferner fällt auch die von dem Schnittpunkt P der Seite a und der Nebendiagonale durchlaufene Ellipse e mit der Polbahnellipse des umgeschlagenen Parallelogrammes — des Antiparallelogrammes — zu dem gezeichneten Gelenkparallelogramm nicht zusammen; es wird nämlich diese elliptische Polbahn des Antiparallelogrammes $D_{12}\,D_{13}\,D_{34}\,D_{24}'$ von dem Punkt P_0 durchlaufen, welcher der Schnittpunkt der Seiten a und c' ist. Die fragliche Polbahn ist eine Ellipse mit den Brennpunkten D_{13} und D_{12}.

Schließlich wird noch darauf hingewiesen, dafs bei dem elliptischen Gelenkparallelogramm nach Fig. 15 die Hüllellipsen ebenso, wie bei dem hyperbolischen Gelenkparallelogramm nach Fig. 13 die Hyperbeln in ihrer vollen Ausdehnung als Hüllgebilde geschaffen werden.

Ein Beispiel zu diesem Getriebe liefert auch die schon oben genannte Patentschrift 126 912.

Sowohl bei dem hyperbolischen, Fig. 13, als auch bei dem elliptischen Gelenkparallelogramm, Fig. 15, sind zur Vereinfachung der entsprechenden Figuren nur je eine Haupt- und Nebendiagonale gezeichnet worden. Es ist jedoch leicht zu übersehen, daß in beiden Fällen die anderen Nebendiagonalen kongruente Hüllkurven zu den besprochenen Hüllhyperbeln und Hüllellipsen erzeugen werden. Letztere haben dann aber die Gelenkpunkte D_{12} und nicht, wie die besprochenen Hüllkegelschnitte die Gelenkpunkte D_{13} zu einem ihrer Brennpunkte. Es findet hier also nur eine Verschiebung der Schaaren von Hüllhyperbeln und Hüllellipsen um die Strecke c in der Richtung der X-Achse statt. Dies bildet eine spezifische Eigenschaft der Gelenkparallelogramme. Dahingegen ist die Kongruenz der Hüllellipsen und Hüllhyperbeln, bezw. der dazugehörigen Schaaren von Hüllkegelschnitten der Strahlenbüschel in den Systemen der Nebendiagonalen bezüglich des feststehenden Gliedes c auch dann noch vorhanden, wenn an Stelle der Gelenkparallelogramme Gelenkvierecke treten, welche der Bedingung

$$a = b \qquad (57)$$

genügen, d. h. bei denen die Führungskreise K_{12} und K_{13} oder die einander gegenüberliegenden beweglichen Seiten einander gleich sind.

Von den beiden kongruenten Ellipsen- bezw. Hyperbelscharen hat dann immer auch noch die eine den Gelenkpunkt D_{13} und die andere den Punkt D_{12} zum gemeinschaftlichen Brennpunkt. Gelenkvierecke, welche der Bedingung 57 genügen, nenne

ich „symmetrische". Die Symmetrieachse dieser Art von Getrieben steht in der Mitte der festgestellten Seite senkrecht.

Die beiden Kegelschnittschaaren der Strahlenbüschel der Nebendiagonalen fallen bei den symmetrischen Gelenkvierecken zusammen, wenn die Vierecke folgenden Bedingungen genügen:

$$a = b = d \gtrless c \tag{58}$$

und

$$a^2 + b^2 \gtrless c^2 + d^2. \tag{59}$$

Es gibt also zwei Arten von symmetrischen Gelenkvierecken, bei welchen nicht nur die Hüllkegelschnitte der beiden Nebendiagonalen, sondern auch die beiden Schaaren von Kegelschnitten zusammenfallen, welche von Strahlenbüscheln der Nebendiagonalsysteme als Hüllgebilde erzeugt werden können.

Die eine Art genügt den Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} a = b = d &> c \\ a^2 + b^2 &> c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \tag{60}$$

Der zweiten Art von symmetrischen Gelenkvierecken liegen die Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} a = b = d &< c \\ a^2 + b^2 &< c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \tag{61}$$

zu Grunde.

Beispiele hierzu liefern die deutschen Patentschriften 139 538, 144 654 und 145 940.

In Fig. 16 ist ein Gelenkviereck gezeichnet, welches den Bedingungen 60 entsprechend gestaltet worden ist. In diesem Gelenkviereck umhüllen die beiden Nebendiagonalen ein und dieselbe Ellipse e, welche die Brennpunkte D_{12} und D_{13} besitzt. Die Gleichung dieser Ellipse ergibt sich aus der Gleichung 16 unter Berücksichtigung der Bedingungsgleichungen 60 in folgender Form:

$$4(a^2 - c^2)x^2 + 4a^2y^2 = (a^2 - c^2)(a^2 - c^2 + 4cx) \tag{62}$$

Der mit der Hauptachse zusammenfallende Durchmesser dieser Ellipse ist gleich a, was leicht aus Gleichung 10 folgt. Die kleine Achse A der Ellipse ist daher

$$A = \tfrac{1}{2}\sqrt{a^2 - c^2} \tag{63}$$

Die Schnittpunkte F und F' der Haupt- und Nebendiagonalen durchlaufen die Fußpunktkurve aus den Brennpunkten der in Rede stehenden Ellipse, d. h. einen Kreis vom Durchmesser a und mit einem Mittelpunkt M, welcher in der Mitte der Gelenkviereckseite c liegt. Die im Punkt M zur Seite c errichtete Senkrechte

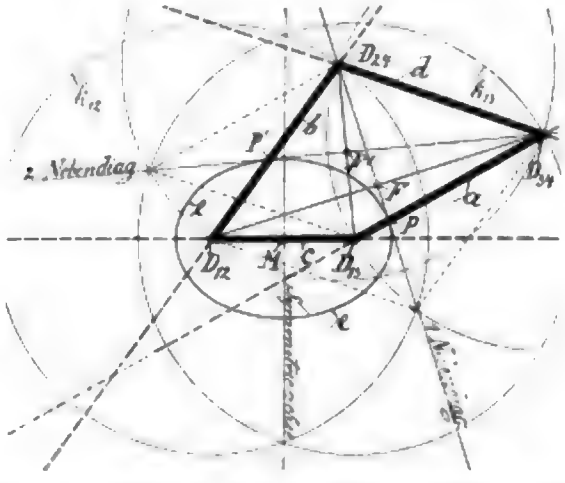


Fig. 16. Symmetrisches doppelt elliptisches Gelenkviereck mit sich deckenden Ellipsenscharen.

Digitized by Google

ist die Symmetrieachse des Gelenkvierecks und gleichzeitig eine solche der beiden Scharen von Ellipsen, welche von den Strahlen der Strahlenbüschel der beiden Nebendiagonalsysteme in dem festgehaltenen Gliede c umhüllt werden. Von den beiden Ellipsenscharen hat die eine den Gelenkpunkt D_{12} und die andere den Gelenpunkt D_{13} zu einem gemeinschaftlichen Brennpunkt für alle einer Schar angehörenden Ellipsen. Alle Ellipsen der beiden Schaaren liegen innerhalb des von den Fußpunkten F und F' durchlaufenen Kreises. Zu diesem Kreise und einem Strahlenbüschel degeneriert nämlich hier jene Fußpunktkurve vierter Ordnung.

Der genannten Eigenschaften wegen nenne ich ein Gelenkviereck, welches den Bedingungen 60 genügt, ein „symmetrisches, doppelt hüllelliptisches Gelenkviereck", oder ausführlicher, ein „symmetrisches doppeltelliptisches Gelenkviereck mit sich deckenden Ellipsenscharen".

Das in Fig. 17 dargestellte Gelenkviereck genügt den Bedingungen 61, nämlich

$$a = b = d < c$$

und

$$a^2 + b^2 < c^2 + d^2$$

In demselben umhüllen die beiden Nebendiagonalen kongruente Hyperbeln, welche in eine einzige Hyperbel h zusammenfallen. Die Gleichung dieser Hyperbel stimmt mit der Gleichung 62 überein. Die Hyperbel hat die Punkte D_{12} und D_{13} zu ihren Brennpunkten; ihre Hauptachse ist gleich $\frac{a}{2}$. Die Fußpunkte F und F' der Senkrechten aus den Brennpunkten auf die Nebendiagonalen durchlaufen einen Kreis mit dem Durchmesser a und dem Mittelpunkte M, durch welchen die Symmetrieachse der beiden Hüllhyperbelschaaren hindurchgeht. Alle Strahlen der Strahlenbüschel mit den Zentren F und F' der Systeme der Nebendiagonalen umhüllen nämlich in dem feststehenden Gliede c zwei kongruente Schaaren von Hyperbeln, welche alle außerhalb des mit $\frac{a}{2}$ als Radius um den Punkt M beschriebenen Kreises liegen, letzteren aber alle berühren. D_{12} ist der gemeinsame Brennpunkt der einen, und D_{13} ein ebensolcher der anderen Schaar der Hüllhyperbeln.

Infolge der besprochenen Eigenschaften nenne ich ein den Bedingungen 61 genügendes Gelenkviereck ein „symmetrisches doppelt hüllhyperbolisches Gelenkviereck mit sich deckenden Hyperbelscharen".

Nicht nur Scharen von Kreisen, Ellipsen und Hyperbeln, sondern auch solche von Parabeln können als Hüllgebilde mittelst Gelenkvierecke erzeugt werden, was schon bei den Diskussionen der Gleichungen 7 und 46 erwähnt worden ist. Ein Gelenkviereck der in Rede stehenden Art ist in Fig. 18 dargestellt. Dasselbe genügt folgenden Bedingungen:

$$\left.\begin{aligned} a = b = c < d \\ a^2 + b^2 < c^2 + d^2 \end{aligned}\right| \quad \text{und} \qquad (64)$$

Digitized by Google

Bei diesem Gelenkviereck umhüllt die erste Nebendiagonale die Parabel p mit dem Brennpunkt D_{13}. Dagegen umhüllt die zweite Nebendiagonale die Parabel p' mit dem Brennpunkt D_{12}. Die beiden Parabeln sind des symmetrischen Gelenkvierecks wegen kongruent, denn in den ersten Bedingungsgleichungen von 64 sind auch schon

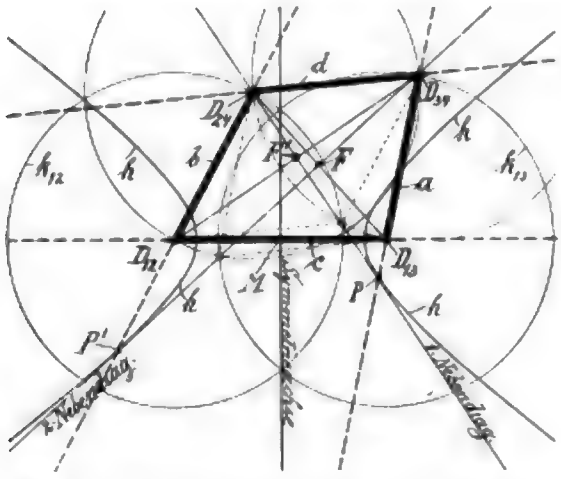


Fig. 17. Symmetrisches doppelt hyperbolisches Gelenkviereck mit sich deckenden Hyperbelscharen.

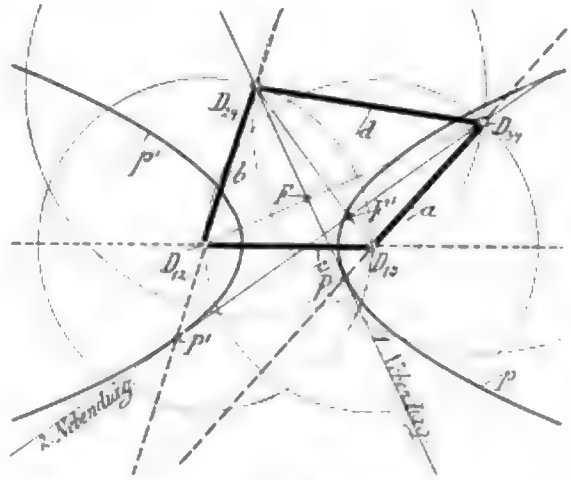


Fig. 18.
Symmetrisches doppelt parabolisches Gelenkviereck mit auseinander liegenden kongruenten Parabelscharen.

die ersten Bedingungsgleichungen von 58 mit enthalten, welche kongruente Hüllkegelschnitte der beiden Nebendiagonalen fordern.

Die Gleichung der Parabel p' liefert am einfachsten die Gleichung 46 unter Innehaltung der Bedingungen 64. Dieselbe nimmt die Form an

$$4\,b^2y^2 = (b^2 - d^2)(b^2 - d^2 + 4\,bx) \qquad (65)$$

Der Scheitel dieser Parabel hat von dem Koordinatennullpunkt D_{12} den Abstand $(d^2 - b^2) : 4\,b$.

Die Gleichung der Parabel p kann aus den Gleichungen 6 oder 7 entwickelt werden, und nimmt dann die Form an

$$4\,a^2y^2 = (3\,a^2 - d^2)^2 - 4\,ax(a^2 - d^2) - 4\,a^4. \qquad (66)$$

Der Scheitel dieser Parabel hat von D_{12} einen Abstand x_0, welcher gegeben ist durch:

$$x_0 = (5\,a^2 - d_2) : 4\,a \qquad (67)$$

Dagegen ist der Abstand dieses Scheitels vom Brennpunkt D_{13} ausgedrückt durch $c - (5\,a^2 - d^2) : 4\,a = (d^2 - a^2) : 4\,a$, weil $a = c$ nach Gleichung 64 ist. Hieraus geht hervor, daß die Scheitel der Parabeln p und p' von ihren Brennpunkten gleichen Abstand haben, daß also die Parabeln kongruent sind, was schon die Bedingungsgleichungen 57 bezw. 58 forderten.

Digitized by Google

Die Bahnen der Punkte F und F' sind Fußpunktkurven der kongruenten Hüllparabeln aus Punkten der Hauptachsen der Parabeln. Die Punkte D_{12} und D_{13}, von welchen aus die Fußpunktkurven gebildet werden, haben zu den kongruenten Parabeln gleiche Lage. Die beiden Fußpunktkurven der Parabeln, welche bekanntlich Kurven von dritter Ordnung sein müssen, sind daher auch kongruent. Dieselben degenerieren zu den Scheiteltangenten der Parabeln und einem Strahlenbüschel, wenn die Punkte, aus denen die Fußpunktkurven gebildet werden, mit den zugehörigen Parabelbrennpunkten zusammenfallen.

Alsdann sind in den beiden Systemen der Nebendiagonalen Strahlenbüschel vorhanden, von welchen jeder Strahl in dem feststehenden Gliede c eine Hüllparabel schafft, wenn die Zentren dieser Büschel in den Fußpunkten liegen, welche den Senkrechten aus den Parabelbrennpunkten auf die Nebendiagonalen angehören.

Dagegen werden die zusammengesetzten Diagonalsysteme oder die Strahlenbüschel F und F' derselben durch die Bahnen dritter Ordnung, welch F und F' durchlaufen, und die Hüllpunkte D_{12} und D_{13} im Gliede c so geführt, daß alle Strahlen der beiden Büschel auch Hüllkurven dritter Ordnung erzeugen. Von diesen beiden Schaaren schneiden sich die Hüllkurven nur außerhalb der Flächen der Hüllparabeln, die zu ihnen gehören. Die beiden Hüllkurvenschaaren haben die Hüllpunkte D_{12} und D_{13} zu gemeinsamen Doppelpunkten der Kurven jeder der beiden Schaaren.

Gelenkvierecke, welche den Bedingungsgleichungen 64 genügen, nenne ich „symmetrische doppelt hüllparabolische Gelenkvierecke“, oder ausführlicher auch „symmetrische doppelt parabolische Gelenkvierecke mit auseinanderliegenden kongruenten Parabelscharen“.

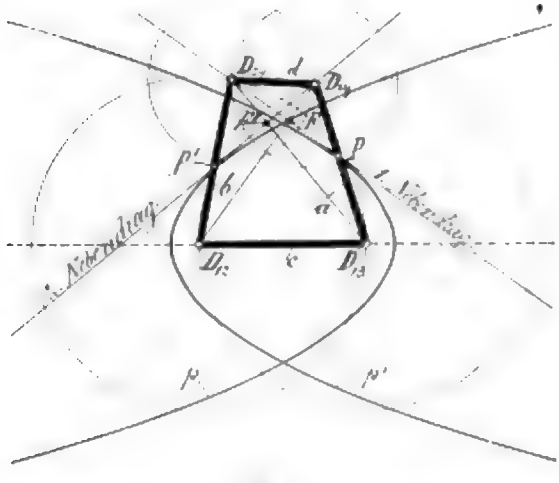


Fig. 19.
Symmetrisches doppelt parabolisches Gelenkviereck mit mit sich teilweise deckenden kongruenten Parabelscharen.

Eine zweite Art von symmetrischen doppelt parabolischen Gelenkvierecken ist in Fig. 19 gezeichnet. Vierecken dieser Art liegen folgende Bedingungen zu Grunde:

$$\left.\begin{aligned} &a = b = c < d \\ \text{und}\quad &a^2 + b^2 > c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \qquad (68)$$

Diese Getriebe sind symmetrisch, weil die Seiten a und b als gegenüberliegende Seiten des Gelenkvierecks wieder einander gleich sind. Die von den Nebendiagonalen erzeugten Hüllparabeln p und p' sind daher congruent. Auch gibt es hier wiederum zwei kongruente Scharen von Hüllparabeln so, daß von den Gelenkpunkten D_{12} und D_{13} je einer

Digitized by Google

ein gemeinschaftlicher Brennpunkt aller Parabeln je einer von beiden Scharen ist. Die Fußpunkte F und F' durchlaufen hier ebenso wie in Fig. 18 Fußpunktkurven der Hüllparabeln, d. h. Kurven dritter Ordnung. Der zwischen den Scheitelpunkten der Parabeln p und p' liegende Streifen der Bild- oder Koordinatenebene wird in Fig. 19 sowohl von der einen als auch von der anderen Schaar der genannten Hüllparabelscharen bedeckt.

Die Parabeln der beiden Scharen haben in Fig. 18 untereinander immer nur imaginäre Schnittpunkte, während die Parabeln in Fig. 19 sogar vier reelle Schnittpunkte ergeben können.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden in Fig. 18 und 19 gezeichneten Hüllparabelvierecken besteht darin, daß in Fig. 18 die Nebendiagonalen Parabelbögen umhüllen, welche die Parabelscheitel bilden, während sie in Fig. 19 nur außerhalb der Scheitel liegende Parabelbögen als Hüllgebilde schaffen können.

Alle Gelenkvierecke, welche wirkliche Hüllparabeln und keine Hüllpunkte erzeugen, liefern übrigens nur Parabelbögen als Hüllgebilde; sie können niemals zum Umhüllen einer Parabel in ihrer vollen Ausdehnung benutzt werden. Diese Eigenschaft bildet einen charakteristischen Unterschied zwischen den doppelt parabolischen Gelenkvierecken und allen übrigen Gelenkvierecken, welche die Hüllkegelschnitte in ihren vollen Ausdehnungen schaffen können. Für Gelenkvierecke der letzteren Art bilden nämlich allgemein die Bedindungsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} a + c &= b + d \\ a + d &= b + c \end{aligned}\right\} \qquad (69)$$

oder

die Grundlage. Die beiden Gleichungen 69 liefern auch eine einzige Bedingungsgleichung von folgender Form:

$$a^2 - b^2 = c^2 - d^2 \qquad (70)$$

welche mit der oben gefundenen Gleichung 24 nicht verwechselt werden darf.

Seiner besonderen geometrischen Eigenschaften wegen nenne ich das Gelenkviereck nach Fig. 19 ein „symmetrisches doppelt parabolisches Gelenkviereck mit sich teilweise deckenden Parabelscharen", oder kurzweg ein „symmetrisches doppelt parabolisches Gelenkviereck".

Übrigens gibt es zwischen den Gelenkvierecken nach Fig. 18 und 19 noch ein solches, dessen zwei Hüllparabelscharen einander berühren.

Das in Fig. 20 dargestellte Gelenk entspricht den Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} d > a = c < b \\ a^2 + b^2 > c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \qquad (71)$$

und

Die erste Nebendiagonale desselben umhüllt die Parabel p, welche den Gelenkpunkt D_{12} zu ihrem Brennpunkt hat.

Die zweite Nebendiagonale umhüllt die Ellipse e, welche das Gelenk D_{12} zu einem ihrer beiden Brennpunkte zählt.

Digitized by Google

Sowohl von der Ellipse, als auch von der Parabel gestattet das Gelenkviereck nur einem Bogen als Hüllgebilde zu erzeugen.

Der genannten Eigenschaften wegen nenne ich das vorliegende Gelenkviereck ein „elliptisch-parabolisches Gelenkviereck".

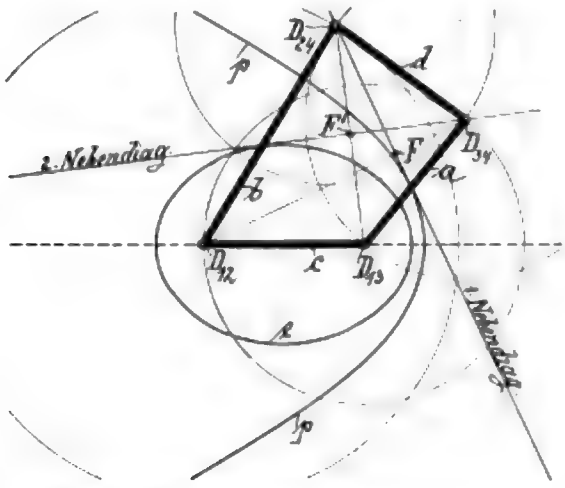


Fig. 20. Elliptisch-parabolisches Gelenkviereck.

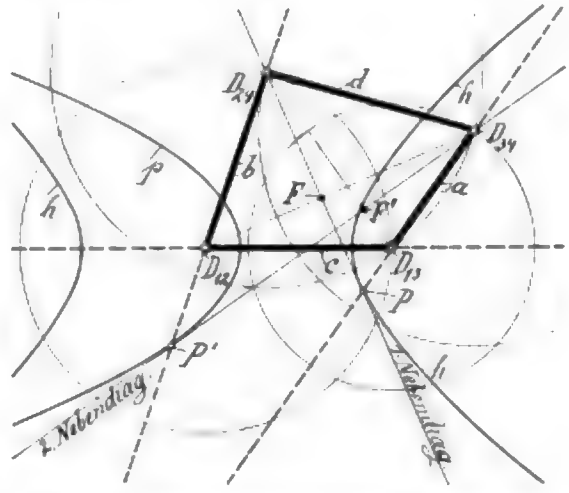


Fig. 21. Hyperbolisch-parabolisches Gelenkviereck.

Auch bei diesem Getriebe bildet das Kreisgelenkviereck, bei welchem $a^2 + b^2 = c^2 + d^2$ ist, die Scheidungsgrenze zwischen derjenigen Art dieser Gelenkvierecke, bei welchen die Bedingungen der Gleichungen 71 erfüllt sind, und denjenigen, welche den Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} d > a = c < b \\ a^2 + b^2 < c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \qquad (72)$$

und

genügen.

Fig. 21 veranschaulicht ein Gelenkviereck, welchem folgende Bedingungen zu Grunde liegen:

$$\left.\begin{aligned} a < b = c < d \\ a^2 + b^2 < c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \qquad (73)$$

und

Die erste Nebendiagonale erzeugt in demselben die Hüllhyperbel h, von deren Brennpunkten der eine in den Gelenkpunkt D_{13} hineinfällt.

Die zweite Nebendiagonale erzeugt die Hüllparabel p mit dem Brennpunkt D_{12}.

Auch in diesem Getriebe wird von der Parabel und der Hyperbel nur ein Bogen als Hüllgebilde geschaffen. Gelenkvierecke dieser Art nenne ich „hyperbolisch-parabolische Gelenkvierecke". Es gibt unter denselben noch eine zweite Gruppe von Getrieben, welche von der besprochenen wiederum durch das Kreisgelenkviereck geschieden wird und folgenden Bedingungsgleichungen genügen muß:

$$\left.\begin{aligned} a < b = c > d \\ a^2 + b^2 > c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \qquad (74)$$

Digitized by Google

Erfüllen die Gelenkvierecke der in Rede stehenden zwei Gruppen gleichzeitig auch noch die durch die Gleichungen 69 und 70 zum Ausdruck gebrachten Bedingungen, dann schaffen die beiden Nebendiagonalen die Hüllkegelschnitte in ihren vollen Ausdehnungen. Ein Getriebe dieser Art enthält angenähert die Patentschrift 144 849 der Klasse 80a. Hebelantrieb für Pressen von H. Bacht in Magdeburg-Sudenburg.

Fig. 22 stellt schließlich ein Gelenkviereck dar, dessen Seiten den Bedingungen

$$\left.\begin{aligned} a < c < b < d \\ a^2 + b^2 < c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \quad (75)$$

und

entsprechen. Von den Nebendiagonalen erzeugt hier die erste die Hyperbel h und die zweite die Ellipse e. D_{13} ist der eine Brennpunkt der Hyperbel h und D_{12} der eine von beiden Brennpunkten der Ellipse e. Auch hier werden nur gewisse Bogen der Kegelschnitte e und h umhüllt, solange die Viereckseiten auch noch den Bedingungen der Gleichungen 69 und 70 gleichzeitig nicht genügen.

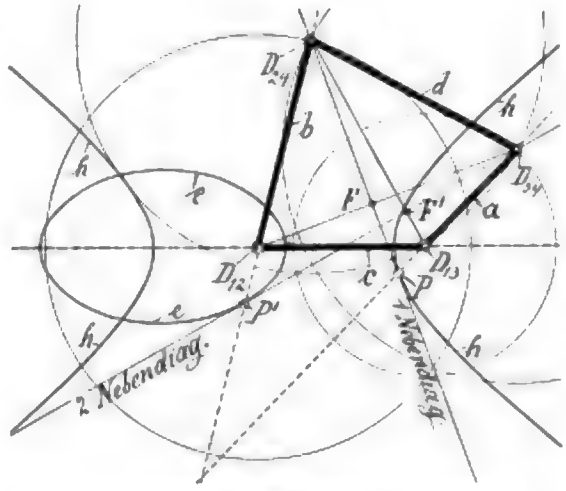


Fig. 22. Elliptisch-hyperbolisches Gelenkviereck.

Eine zweite Gruppe von Gelenkvierecken der nämlichen Art stützt sich auf die Bedingungsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} a < c < b < d \\ a^2 + b^2 > c^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \quad (76)$$

und

Zwischen den beiden Gruppen liegt wiederum das Kreisgelenkviereck als Scheidungsgrenze.

Gelenkvierecke der gemäß Fig. 22 besprochenen Art nenne ich ihrer geometrischen Eigenschaften wegen „elliptisch hyperbolische Gelenkvierecke".

Die Bedingungsgleichungen, welche bei den behandelten Gelenkvierecken als charakteristische Merkmale hingestellt worden sind, lassen sich durch Kombinierung der einfachen Relationen zwischen je einem Paare der Gelenkviereckslieder leicht systematisch ermitteln. Ich habe in dieser Weise die im Vorstehenden behandelten und wesentliche Gestalten und geometrische Eigenschaften besitzenden Arten von Gelenkvierecken ermittelt. Unter den hervorgehobenen Gelenkvierecken sind übrigens mehrere vorhanden, von denen, meines Wissens, Verkörperungen noch nicht existieren. Andere von ihnen mögen durch Zufall verkörpert worden sein. Neue Ellipsenzirkel, Ovalwerke und dergl. können auf Grundlage des vorliegenden Materials leicht konstruiert werden.

Digitized by Google

Am Ende dieser Arbeit soll noch der schon oben erwähnte Spezialfall des allgemeinen Gelenkvierecks, in welchem der eine Führungskreis unendlich groß ist, einer eingehenderen Untersuchung unterzogen werden. Dasselbe führt nämlich zu denjenigen mathematischen Getrieben, welche in ihren Verkörperungen die im Maschinenbau so außerordentlich häufig angewendeten „Schubkubelgetriebe" liefern.

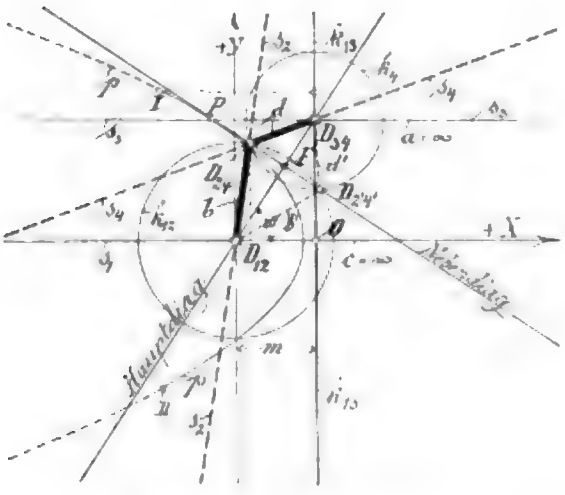


Fig. 23. Parabolisches Getriebe.

Unter Beibehaltung der obigen Bezeichnungen ist dieses unendlich groß gewordene Gelenkviereck in Fig. 23 als ein Getriebe gezeichnet, in welchem das Glied s_1 mit der unendlich lang gewordenen Seite c als festgestellt gedacht ist. Das Glied s_3 enthält die unendlich lang gewordene Gelenkviereckseite a, und der Gelenkpunkt D_{13} der Glieder s_1 und s_3 ist hier ins unendlich Ferne gerückt. Dagegen sind die Gelenkpunkte D_{12}, D_{24} und D_{34} im Endlichen geblieben, und zwischen ihnen liegen die endlichen Seiten b und d des degenerierten Gelenkvierecks, welche den Gliedern s_2 bezw. s_4 angehören. Der Gelenkpunkt D_{34} bewegt sich auf dem Führungskreise k_{13}, welcher b zum Radius und den Gelenkpunkt D_{12} zum Mittelpunkt hat. Der Führungskreis mit dem unendlich groß gewordenen Radius a ist durch die Gerade k_{13} ersetzt, welche auf c senkrecht steht und den Gelenkpunkt D_{34} geradlinig führt.

Bei der Verminderung der Glieder dieses degenerierten Vierecks bis auf die beiden gegenüberliegenden Glieder c und d desselben, in der nämlichen Art und Weise, wie es in Fig. 8 und 9 geschehen ist, bewegt sich der Kreis k_4 auf der Geraden k_{13} und schneidet dabei den feststehenden Führungskreis k_{12} in den Punkten D_{24} und $D_2'_4'$, welche, als Gelenkpunkte betrachtet, zu dem Begleitviereck $D_{12}\,D_{24}\,D_{34}\,D_2'_4'$ des degenerierten Gelenkvierecks führen. Von diesem Begleitviereck umhüllt die Nebendiagonale eine Parabel in dem feststehenden Gliede c, was in folgender Weise leicht nachgewiesen werden kann: Indem nämlich D_{12} zum Nullpunkt eines rechtwinkeligen Koordinationssystems mit den Achsen $+X$ als positive Abscissen — und $+Y$ als positive Ordinatenachse gewählt wird, lautet die Gleichung des Kreises k_{12} also:

$$x^2 + y^2 = b^2 \qquad (77)$$

Bezeichnet m den Abstand des Punktes D_{12} von der Geraden k_{13} und ω den Winkel, welchen die Hauptdiagonale mit der positiven X-Achse einschließt, dann lautet die Gleichung des Kreises k_4 mit dem Radius d und dem Mittelpunkt D_{34} also:

$$(x - m)^2 + (y - m \operatorname{tg} \omega)^2 = d^2 \qquad (78)$$

Aus den Gleichungen 76 und 77 folgt sofort die Gleichung

$$m^2 \operatorname{tg}^2 \omega - 2\,m y \operatorname{tg} \omega + b^2 - d^2 + m^2 - 2\,m x = 0 \qquad (79)$$

Digitized by Google

welche die Gleichung der Durchschnittslinie der beiden Kreise k_1 und k_{12}, d. h. die Gleichung der Nebendiagonale ist.

Differenziert man die Gleichung 78 nach dem Parameter ω und eliminiert dann letzteren aus der differenzierten und der ursprünglichen Gleichung 78, dann wird erhalten als Eliminationsresultat die Gleichung

$$4\,m^2y^2 = 4\,m^2[b^2 - d^2 + m^2 - 2\,mx]$$

oder

$$ys^2 = b^2 - d^2 + m^2 - 2\,mx \qquad (80)$$

Dies ist aber die Gleichung einer Parabel, welche die X-Achse zur Hauptachse hat und die Hüllbahn der Nebendiagonale ist. Der Scheitelpunkt der Hüllparabel liegt im Abstande x_0 vom Koordinatenursprung D_{12} und hat den Wert

$$x_0 = \frac{b^2 - d^2 + m^2}{2\,m} \qquad (81)$$

Der Parameter der Parabel ist gleich m, so daß also der Brennpunkt der Hüllparabel nicht in den Gelenkpunkt D_{12} hineinfällt.

Der Schnittpunkt F der Haupt- und Nebendiagonale durchläuft bei diesem Getriebe die Fußpunktkurve der Hüllparabel aus einem Punkt ihrer Hauptachse, d. h. eine Kurve dritter Ordnung. Der Punkt P, in welchem die Nebendiagonale von dem unendlich großen Radius a des unendlich großen Kreises k_{12} geschnitten wird, ist der Berührungspunkt der Nebendiagonale mit der Hüllparabel p. Die Nebendiagonale umhüllt nur einen Bogen der Parabel, welcher zwischen den Punkten I und II liegt und in Fig. 23 mit einer zusammenhängenden Linie gezeichnet worden ist.

Die Berechnung der veränderlichen Winkel der Diagonalen in Bezug auf die Seiten b und d mittels des Drehwinkels ω ist leicht durchführbar.

Die Fußpunktkurve der Parabel p aus ihrem Brennpunkt ist eine Gerade, welche Scheiteltangente der Hüllparabel ist und mit dem Strahlenbüschel des Brennpunktes zusammen eine degenerierte Kurve dritter Ordnung, nämlich die degenerierte Bahn des Punktes F darstellt.

Eine Verkörperung des in Rede stehenden Getriebes hat die Kurbel b, die Schubstange d und die Schubrichtungslinie k_{13} für den Punkt D_{34}; es ist das bekannte allgemeine Schubkurbelgetriebe. Das hierzu gehörige obige mathematische Getriebe, welches Hüllparabeln zu erzeugen geeignet ist, nenne ich das „hüllparabolische Schubgetriebe", oder kurzweg das „parabolische Getriebe".

Wie häufig dieses Getriebe in seinen Verkörperungen im Maschinenbau vorkommt, zeigen die nachfolgenden neueren deutschen Patentschriften der schon oben genannten einen einzigen Patentklasse 49:

126 911. Hammer zum centrischen Einziehen von Röhren von Fritz Hürxthal in Remscheid;

127 198. Vorrichtung zum Nieten von O. Arlt in Görlitz;

130 951. Hydraulische Presse mit Druckübersetzer, von Haniel & Lueg in Düsseldorf-Grafenberg;

138 591. Nietmaschine von Ch. J. Carney und J. C. Gorton in Dunkirk (New-York);

140 291. Aushebevorrichtung für hydraulische Schmiedepressen und dergl. von F. Dahl in Bruckhausen a. Rh.;

145 942. Richtbank für direkt aus dem Walzwerk kommendes Flacheisen, von H. Sack in Rath.

In vorliegender Arbeit ist das Gelenkviereck als ein in seiner Beweglichkeit eingeschränktes mathematisches Getriebe dargestellt worden. Es ist dies dasjenige der mathematischen Getriebe, welches als das einfachste zur Bewegung von zwei Punkten in einer Ebene gelten muß. Das Getriebe besteht aus zwei in einer Ebene befindlichen Kreisen, von denen der eine fest liegt, während der andere beweglich ist. Die Schnittpunkte dieser zwei Kreise sind die gesetzmäßig zu bewegenden Punkte. Die Gesetzmäßigkeit der Bewegung dieser zwei Schnittpunkte, welche übrigens auch imaginär sein können, wird am zweckmäßigsten durch die Bahn bestimmt, welche man dem beweglichen Kreise zuweisen kann. Je nach der Gestalt dieser Bahn durchläuft die Verbindungslinie der beiden Schnittpunkte in der Ebene des feststehenden Kreises eine Hüllbahn, welche nicht bloß analytisch sondern auch zeichnerisch leicht bestimmt werden kann. Auf diese Weise gelangt man zu einer „Bewegungsgeometrie des Kreises", welche einen neuen geometrischen Wissenschaftszweig zu bilden berufen sein dürfte. Treten an Stelle der beiden gegeneinander beweglichen zwei Kreise zwei ebensolche Kugelflächen, dann kann eine „Bewegungsgeometrie der Kugel" geschaffen werden, welche unter anderem auch die Behandlung des räumlichen Gelenkvierecks zum Gegenstande haben wird. Die Hüllgebilde der gemeinsamen Durchschnittsebene der beiden Kegelflächen lassen sich analytisch und zeichnerisch leicht finden, wenn die Bahn oder Fläche gegeben ist, auf welcher sich der Mittelpunkt der beweglichen Kugelfläche bewegen soll.

Indem ich schließlich noch einmal zu dem eben behandelten Gelenkviereck zurückkehre, mache ich besonders darauf aufmerksam, daß das ebene Gelenkviereck ein Führungsgetriebe für seine Diagonalsysteme ist, welche in einem Gliede Hüllkegelschnitte bezw. Punktbahnen zweiten Grades zu erzeugen zulassen. Auch Punktbahnen dritten und vierten Grades können, wie oben gezeigt worden ist, mittels des Gelenkvierecks erzeugt werden. Es kann daher das Gelenkviereck auch als ein mathematisches Getriebe zur mechanischen Auflösung der Gleichungen zweiten, dritten und vierten Grades in Anwendung gebracht werden.

Bei der obigen Behandlung des Gelenkvierecks habe ich auch, ohne es besonders hervorzuheben, gezeigt, wie man alle aus dem Gelenkviereck ableitbaren mathematischen Getriebe in ein System zu bringen im stande ist. Auch habe ich gezeigt, wie nun mathematische Getriebe aus demselben abgeleitet werden können. Infolgedessen dürfte das Gelenkviereck jetzt dazu berufen sein, der gesamten Getriebelehre zu einer wissenschaftlichen Grundlage zu verhelfen.

Erst nachdem ein System aller Getriebe tatsächlich geschaffen worden ist, dürfte man mit besserem Erfolge, als es bis jetzt möglich war, scharfe Definitionen der Begriffe „Maschine", „maschinelle Erfindung" usw. aufzustellen versuchen.

Druck von Leonhard Simion NF. in Berlin SW.

Digitized by Google

II. Abhandlungen.

Über die Bestimmung von Schmelzpunkten bei hohen Temperaturen.

Von **Kurt Arndt.**

Schlägt man in dem bekannten Sammelwerke „Physikalisch-chemische Tabellen“ von Landolt und Börnstein den Abschnitt über die Schmelzpunkte der chemischen Elemente auf, so findet man z. B. für Kupfer folgende Angaben[1]):

1207° (Guyton Morveau)	1330° (Riemsdijk 1869)
1090° (Daniell 1830)	1093° (v. d. Weyde)
1000—1200° (Pouillet 1836)	1050° (Pictet 1879)
1236° (Wilson 1852)	1054° (Violle 1879)
1157° (E. Becquerel 1863)	1100° (Ledebur 1881).

Der Unterschied zwischen den verschiedenen Schmelzpunktbestimmungen ist überraschend groß.

Ähnlich ist die Unsicherheit bei den meisten anderen Elementen, soweit ihre Schmelzpunkte über dem Meßbereich des Quecksilberthermometers liegen.

In den letzten 10 Jahren sind nun von verschiedenen Forschern umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden, die auf diesem Gebiete ziemliche Klarheit geschaffen haben. Da die Kenntnis der Schmelzpunkte auch erhebliche praktische Bedeutung hat, so will ich im folgenden eine Übersicht über die einschlägigen Arbeiten geben. Um nicht allzu ausführlich zu werden, werde ich meine Besprechung im wesentlichen auf die Schmelzpunkte der reinen Metalle, soweit sie über 500° liegen, beschränken.

Da das Quecksilberthermometer nur bis zum Siedepunkte des Quecksilbers, also in seiner gewöhnlichen Form bis 360° und, wenn man das Quecksilber durch Einführung von komprimiertem Stickstoff unter hohen Druck setzt, bis etwa 500° benutzt werden kann, so muß man zur Messung hoher Temperaturen sich auf die Ausdehnung anderer Stoffe beziehen.

---

[1]) Landolt-Börnstein, Phys.-chem. Tabellen. 2. Auflage. S. 124. Die Klammern hinter den einzelnen Schmelzpunktsangaben teilen mit, von wem und in welchem Jahre die betreffende Bestimmung veröffentlicht wurde.

Digitized by Google

Ein Thermometer für hohe Temperaturen, ein sogenanntes „Pyrometer", kann man sich zum Beispiel aus einem Eisenstabe herstellen, indem man dessen Ausdehnung beim Erhitzen mißt. Voraussetzung für die Richtigkeit der so gewonnenen Temperaturen ist aber, daß das Eisen sich innerhalb des ganzen Meßbereiches gleichförmig mit der Temperatur ausdehnt oder daß etwaige Unregelmäßigkeiten auf anderem Wege genau ermittelt sind.

Mit solchen Stabpyrometern haben schon Newton, Muschenbroeck, Kraft und Lambert Schmelzpunktsbestimmungen angestellt, aus denen sich z. B. ergab für:

Silber 540° Gold 700° Gußeisen 870°[1]).

Besonders oft verwandte man Differential-Stabpyrometer, unter denen das von Daniell aus Platin und Graphit hergestellte Pyrometer zu erwähnen ist; Daniell fand damit als Schmelzpunkt des Silbers 1223°.

In neuerer Zeit haben v. Steinle und Harting diesem Apparate die Form eines Graphitstabes gegeben, der von einer Eisenröhre umhüllt ist, deren Bewegung durch einen Zeiger vergrößert wiedergegeben wird.

Leider ist die Einstellung solcher Apparate für genaue Messungen zu unsicher und verschiedene Apparate sind untereinander nur mangelhaft vergleichbar.

Nicht auf der Ausdehnung, sondern auf der Zusammenziehung eines festen Körpers beim Erhitzen beruht das Pyrometer von Wedgewood, das anscheinend auch heute noch hie und da benutzt wird.[2])

Wegen seiner mehr als hundertjährigen Beliebtheit, die es eher seiner Einfachheit als seiner Brauchbarkeit verdankt, will ich es ausführlicher besprechen.

Es beruht darauf, daß ein Zylinder aus ungebranntem Ton sich beim Glühen zusammenzieht; aus der Größe dieser Volumenverminderung, die auch nach dem Abkühlen bestehen bleibt, wird auf die erreichte Temperatur geschlossen. Wedgewood verwandte weißen Ton aus Cornwallis, den er nach dem Erhitzen plötzlich in kaltem Wasser abkühlte und maß die Volumenverkleinerung durch Einschieben in einen spitzen Winkel, dessen Schenkel mit einer Teilung versehen waren. Als Ausgangspunkt dieser Teilung nahm er die Temperatur, bei der Eisen im Tageslicht noch gerade rotglühend erscheint. Den wirklichen Wert dieser Temperatur bestimmte er auf folgende Weise: Eine Silberstange hatte bei 0° C. die Länge von 1000‴, bei 100° C. die Länge von 1002‴ und auf bei Tage rotglühendem Eisen die Länge von 1011,61‴; beim Erwärmen von 0° bis 100° verlängerte sich also die Silberstange um 2‴, von 0° bis zur sichtbaren Rotglut um 11,61‴.

Daraus leitete Wedgewood ab, daß einer Temperaturerhöhung von 100° eine Verlängerung um 2‴ entspricht, umgekehrt also eine Verlängerung um 11,61‴ auf eine Erwärmung um 581° schließen läßt; die „Normalhitze" lag also bei 581°. Da das Schwindemaß des Tons von dem Siedepunkte des Wassers bis zur „Normalhitze" auf

---

[1]) Ich habe alle Zahlen auf Celsiusgrade umgerechnet.

[2]) Das bekannte „Taschenbuch des Ingenieurs", herausgegeben vom Verein Hütte, gibt noch in seiner 15. Auflage vom Jahre 1902, Band I, S. 283 eine Tabelle für das Pyrometer nach Wedgewood.

der Schenkelteilung 6,65 Teile ausmachte, so ist der Wert eines Wedgewoodschen Grades 6,65 : (581 − 100) = **72° C.**

Indem Wedgewood auch Proportionalität zwischen der Verringerung, die der Durchmesser seines Tonkörpers erlitt, mit der Temperatur, auf die er erhitzt war, annahm, fand er für die Schmelzpunkte von

Silber 2600°	Gußeisen 9900°
Gold 2900°	Stabeisen 11500°

Diese überaus hohen Zahlen forderten zum Mißtrauen heraus. Ein Münchener Professor, J. L. Späth[1]) nahm deshalb im Gegensatz zu Wedgewood an, daß sich die Hitzegrade der Flamme umgekehrt wie die Volumina verhalten, auf welche der nämliche Tonkörper in ihnen einschwindet. Aus dieser Annahme berechnete Späth folgende Schmelzhitzen:

Silber 583°	Gußeisen 1100°
Gold 689°	Stabeisen 1500°

Genauere Untersuchungen von Guyton-Morveau[2]) lehrten aber, daß das Schwinden des Tonzylinders nicht nur von der Höhe, sondern auch von der Dauer der Erhitzung wesentlich abhängt. Da ferner der Zylinder sich leicht verzieht und verschiedene Tonarten verschiedenes Schwindemaß besitzen, so ist das Pyrometer von Wedgewood zu genaueren Messungen wenig geeignet.

Da ferner die Annahme von Wedgewood, daß ein Silberstab sich mit der Temperatur gleichmäßig ausdehnt, schon bei niederen Temperaturen nicht streng zutrifft, so ist auch die angewandte Eichungsmethode nicht ganz einwandfrei.

Überhaupt ist bei allen festen Körpern das Verhältnis Ausdehnung : Temperaturerhöhung, der sogenannte „Ausdehnungskoeffizient" nicht konstant, sondern nimmt meist mit Steigerung der Temperatur zu. So ist z. B. der lineare Ausdehnungskoeffizient von Kupfer bezogen auf 1° C.[3])

bei	40° 0,00001678
-	50° 0,00001698
-	1000° 0,0000200.

In manchen Fällen, wie beim Eisen, treten beim Erhitzen unregelmäßige Änderungen des Ausdehnungskoeffizienten auf, die man sich aus inneren Umlagerungen erklärt.

Feste Körper eignen sich also nicht zu allgemein giltigen Temperaturabmessungen.

Deshalb war es ein großer Fortschritt, als Prinsep[4]) die Ausdehnung der Luft zur Messung hoher Temperaturen benutzte. Das Gefäß seines **Lufthermometers**

---

[1]) Dinglers polytechnisches Journal **15**, S. 230 (1824).

[2]) Die genauen Literaturangaben findet man darüber in dem Buche von Barus: Die physikalische Behandlung und die Messung hoher Temperaturen, Leipzig 1892, das mir ein wertvoller Führer durch die ältere Literatur war.

[3]) Landolt-Börnstein, 2. Aufl., S. 97.

[4]) Annales de chimie et de physique (2. Folge) **41**. S. 247 (1829); Prinsep war Münzwardein zu Benares.

Digitized by Google

war aus Gold; es faßte kalt 164 ccm. Beim Erhitzen trat Luft aus dem goldenen Kolben in ein mit Olivenöl gefülltes Gefäß, in dem durch entsprechendes Ablassen von Öl der Druck konstant gehalten wurde; das von der Luft verdrängte Öl wurde gewogen und aus seinem Gewicht das Volumen der ausgetretenen Luft gefunden. Aus diesem Volumen berechnete Prinsep schließlich mittelst des Ausdehnungskoeffizienten der Luft, den er zu 0,00375 annahm, die Temperatur im Luftthermometer.

Eine Korrektur mußte wegen der Vergrößerung, die der Kolben selber beim Erhitzen erfuhr, bei dieser Rechnung angebracht werden; für diese Korrektur nahm Prinsep den räumlichen Ausdehnungskoeffizienten des Goldes ganz richtig zu 0,000441 an.

Mit Hilfe dieses Luftthermometers fand Prinsep z. B. den Schmelzpunkt des Silbers zu 999°.[1])

Nach Prinsep haben sich viele Forscher um die Vervollkommnung des Luftthermometers bemüht; unter ihnen will ich hier nennen: Pouillet (1836), Silbermann und Jacquelin (1853), Deville und Troost (1857—1882), Regnault (1847), Becquerel (1863), Viktor Meyer (1879), Violle (1882), Barus (1889), Holborn (1892—1900).

Schon aus dieser stattlichen Reihe von Namen kann man schließen, daß das Luftthermometer, so einfach seine theoretische Grundlage ist, doch in seiner Handhabung mannigfache Schwierigkeiten geboten hat.

Soll es zu Messungen hoher Temperaturen dienen, so ist die Wahl eines passenden Gefäßmateriales nicht leicht, da nur wenige sonst geeignete Stoffe in der Glühhitze unveränderlich und zugleich gasdicht sind. In erster Linie kommt, da schwerschmelzbares Glas nur bis zur beginnenden Rotglut brauchbar ist,[2]) Porzellan in Frage und zwar glasiertes Porzellan, da unglasiertes nicht gasdicht ist. Innen und außen glasiertes Porzellan ist bis 1100° brauchbar; dann schmilzt die Glasur und es ist zu fürchten, daß sie verdampft. Da die Porzellanmasse selber einen viel höheren Schmelzpunkt hat, so konnten Holborn und Wien Gefäße, die nur außen glasiert waren, bis 1450° benutzen. Freilich ist bei dieser Weißglut die Wandung schon etwas biegsam, so daß der Druck im Luftthermometer dem äußeren Drucke möglichst gleich sein muß, damit das Gefäß seine Form nicht ändert.

Porzellangefäße verwandten zu ihren Messungen Deville und Troost, Violle, Barus und, wie schon gesagt, Holborn. Barus verwandte wie Holborn nur außen glasiertes Porzellan, während Deville und Violle innen und außen glasierte Kolben benutzten.

Als Gasfüllung nahm Deville Joddampf, eine Wahl, die sich später als sehr unzweckmäßig erwies, weil die Jodmoleküle bei hoher Temperatur sich merklich zersetzen, so daß das Volumen des Joddampfes größer wird, als sich aus dem Ausdehnungskoeffizienten der Gase berechnet; deshalb waren die von Deville ermittelten Tempera-

[1]) Führt man den richtigen Wert 0,003667 für den Ausdehnungskoeffizienten der Luft ein, so erhält man aus der Messung von Prinsep 1021° als Schmelzpunkt des Silbers.

[2]) Bis 500° benutzten Holborn und Day ein Gefäß aus Jenaer Borosilikatglas No. 59 III mit Wasserstofffüllung unter ausgezeichnetem Erfolge.

turen zu hoch. Deville sah schließlich auch den Mißgriff ein und verwandte wieder Luft als thermometrische Substanz.

Bei den sehr ausgedehnten und sorgsamen Untersuchungen, die von Holborn und seinen Mitarbeitern in der physikalisch-technischen Reichsanstalt über das Luftthermometer angestellt wurden,[1]) ergab sich, daß das Luftvolumen, wenn man hoch erhitzt hatte, zwischen den verschiedenen Messungsreihen nicht ganz konstant blieb, was jedenfalls von einem Einflusse des Gefäßmaterials herrührte. Füllte man statt mit Luft mit Wasserstoff, so änderte sich die Gasmenge in höherer Temperatur bei jeder neuen Heizung erheblich; auch Stickstofffüllung blieb nicht vollständig konstant, sondern nahm im allgemeinen nach jeder Heizung ein wenig zu.

Aus diesem Grunde wandte sich Holborn dem erheblich kostbareren Platin zu, das schon Pouillet, Silbermann und Jacquelin, Becquerel und Victor Meyer zu Luftthermometern benutzt hatten.

Für Wasserstoff ist freilich glühendes Platin durchlässig; reiner Sauerstoff wird, wie Victor Meyer fand, von glühendem Platin nicht unbeträchtlich absorbiert; erst nach mehrstündigem Durchleiten konnte V. Meyer keine weitere Absorption beobachten; verdünnter Sauerstoff (Luft) zeigte diese Erscheinung in viel geringerem Maße. Stickstoff hatte diese Mängel nicht.

Noch widerstandsfähiger als Platin ist Platiniridium. Holborn entschied sich deshalb schließlich für ein Platiniridium-Gefäß mit 20 % Iridium, dem er die Form eines Zylinders gab und Stickstofffüllung. Nun blieb auch nach dem Erhitzen auf 1300° der Eispunkt und der Ausdehnungskoeffizient des Gasthermometers konstant.

Ungeachtet seiner sonstigen Widerstandsfähigkeit verlangt Platin besondere Sorgfalt beim Erhitzen, weil es durch Flammengase brüchig gemacht und durchlöchert wird. V. Meyer schützte deshalb sein Platingefäß vor den Flammengasen seines Kohlenofens durch eine Platinmuffel, die ihrerseits von Chamotte dicht umhüllt war. Kleine Löcher, die oft an der Platinmuffel auftraten, wurden mit Hilfe des Knallgasgebläses immer sorgfältig zugelötet.

Dieser und vieler anderer Unannehmlichkeiten, die der Gebrauch von Kohlen- oder Gasöfen im Gefolge hat, wird man durch die elektrische Heizung überhoben, die ein äußerst bequemes Mittel bietet, um einen Raum von mäßiger Größe bis zur Weißglut zu erhitzen. Als Heizkörper dient eine Spirale aus Platinfolie oder Platindraht (bis 1000° ist auch Nickeldraht brauchbar), die um ein unglasiertes Porzellanrohr[2]) gewickelt ist und von einem starken elektrischen Strome zum Glühen erhitzt wird. Um die Temperatur innerhalb des Rohres auf eine längere Strecke gleichmäßig zu erhalten, ist es zweckmäßig die Windungen der Spirale an den Enden enger zu legen als in der Mitte. Die folgende Tabelle[3]) zeigt, wie durch diesen Kunstgriff die Gleichmäßigkeit der Temperatur erhöht wird:

[1]) Annalen der Physik **47**, 107 (1892); **56**, 360 (1895); (4. Folge) **2**, 505 (1900).

[2]) Kein Chamotterohr, weil dies beim starken Glühen Heizgase entwickeln kann, die durch das Platiniridium diffundieren.

[3]) Holborn u. Day, Annalen der Physik **68**, S. 846 (1899).

Die Abweichungen der Temperatur gegen die Mitte des Heizrohres betrugen:

	Bei gleichmäßiger Wickelung			bei ungleichmäßiger Wickelung			
von der Mitte	bei 640°	840°	1040°	bei 620°	820°	1010°	1150°
4 cm nach rechts	− 3,4	− 3,4	− 2,7	+ 1,8	+ 0,6	− 0,8	− 0,7
7,5 - - -	− 14,7	− 11,7	− 8,7	+ 3,6	+ 2,1	− 0,8	− 1,8
4 - - links	− 3,0	− 2,7	− 1,9	+ 1,3	+ 1,2	+ 1,4	+ 2,0
7,5 - - -	− 14,4	− 11,1	− 9,0	+ 1,9	+ 1,8	+ 2,7	+ 1,7
10 - - -	—	—	—	+ 0,1	+ 0,7	+ 2,4	+ 0,8

Mit den bisher gebräuchlichen Gebläseöfen war es nicht annähernd möglich eine ähnliche Gleichförmigkeit der Temperatur zu erreichen. Denkt man weiter an die unerträgliche Glut, die sie ausströmten, — aus dem Gasofen von Deville loderte eine meterhohe Flamme —, während bei elektrischer Heizung die Hitze auf einen kleinen Raum beschränkt bleibt, so ist die große Verbreitung, die diese Öfen in kurzer Zeit für alle möglichen Zwecke gewonnen haben, trotz der Kostspieligkeit des Stromes leicht erklärlich.

Für unseren besonderen Zweck ist noch ein weiterer Vorzug der elektrischen Heizung sehr wertvoll, nämlich die leichte Regelung des Stromes, die gestattet die Temperatur andauernd auf derselben Höhe bis auf den Grad genau zu erhalten. Ein Nachteil mag es für manche andere Fälle sein, daß das Anheizen nur sehr langsam geschehen darf, damit die Heizspule nicht beschädigt wird.

Die im Gasthermometer enthaltene Gasmenge, aus der die Temperatur berechnet wird, kann in verschiedener Weise ermittelt werden. Durch Wägung bestimmte sie Deville, der dieser Methode zuliebe den schweren Joddampf gewählt hatte, in seinen ersten Arbeiten (1857). Später (1863) verwandte er ein Luftthermometer, das mit Manometer versehen war. In seinen letzten Arbeiten schließlich pumpte er die Luft mit einer Quecksilberluftpumpe aus dem Kolben in eine Meßröhre. Viktor Meyer verdrängte das Gas aus dem Luftthermometer durch einen Kohlensäurestrom und fing es über Natronlauge auf,[1]) von der die Kohlensäure absorbiert wird. Holborn brachte an seinem Luftthermometer ein sinnreich eingerichtetes Manometer an, das außerordentlich genaue Ablesung des Druckes gestattete.

Bei dem Gebrauche des Luftthermometers ist zu berücksichtigen, daß in dem Verbindungsrohr vom Kolben zum Manometer, dem „Stiel", ein kleines Luftvolumen von tieferer Temperatur enthalten ist; obwohl man das Rohr sehr eng, „kapillar" wählt, so muß doch seinetwegen eine wichtige Korrektur angebracht werden. Zu diesem Zweck kann man entweder die Temperatur längs des Stieles mit besonderen Vorrichtungen messen und daraus die Korrektur berechnen oder man kann dicht neben dem Stiel einen „Kompensator" anbringen, ein an einem Ende geschlossenes Rohr, das genau gleiche Abmessungen hat wie der Stiel, die Ausdehnung der im Kompensator enthaltenen Luft messen und von der Gesamtausdehnung im Luftthermometer abziehen.

[1]) Den Fehler, der durch den Luftgehalt der Kohlensäure verursacht wurde, schaltete er aus, indem er diesen Luftgehalt bestimmte und das Volumen der durchgeleiteten Kohlensäure maß.

Digitized by Google

Viktor Meyer gab dem Kompensator genau die Form der seitlichen Zuleitungsröhren seines Platinapparates, indem er dessen weiten Zylinder beim Kompensator durch eine dünne Platinkapillare ersetzte; er leitete stets die gleiche Zeit einen gleichmäßigen Kohlensäurestrom (dessen Luftgehalt bekannt war) durch den Zylinder wie durch den Kompensator.

Barus vermied den Kompensator, indem er mit seinem Lufthermometer den Siedepunkt des Schwefels maß und aus dem Unterschied des von ihm erhaltenen Wertes mit der bekannten Siedetemperatur des Schwefels die bei seinem Apparate anzubringende Korrektur berechnete.

Die andere Korrektur zu ermitteln, die wegen der Ausdehnung des Gefäßes angebracht werden muß, ist eine mühselige Arbeit, die viel Zeit erfordert. So haben Deville und Troost den Ausdehnungskoeffizienten des von ihnen benutzten Porzellans zwischen 0° und 1500° durch etwa 200 Messungen festgelegt. Über die Einzelheiten solcher Messungen geben die Arbeiten von Holborn ausführliche Auskunft.

In sinnreicher Weise hat in neuester Zeit Daniel Berthelot[1]) den Einfluß des Gefäßmaterials ausgeschaltet, indem er die Dichte der erhitzten Luft unter Atmosphärendruck auf optischem Wege bestimmte und aus der gefundenen Dichte gemäß dem Gay-Lussacschen Gesetz die Temperatur der Luft berechnete. Die Methode ist so interessant und hat so hübsche Resultate gegeben, daß ich sie ausführlicher beschreiben möchte, obwohl sie in der Technik wohl kaum Anwendung finden wird.

D. Berthelot zerlegt ein Lichtbündel durch einen Interferential-Refraktor[2]) in zwei Teile, schickt diese durch je eine Röhre, die beide dasselbe Gas (Luft) enthalten, bringt sie dann zur Interferenz und stellt die Lage der auftretenden Interferenzstreifen fest. Wenn man nun die eine der Röhren auf die zu messende Temperatur erhitzt, so nimmt die Dichte des Gases in dieser Röhre ab und die Inferenzstreifen wandern. Während das erhitzte Gas unter Atmosphärendruck bleibt, vermindert man mit Hilfe einer Pumpe den Druck in der kalten Röhre soweit, bis die Streifen wieder in die Anfangsstellung zurückgegangen sind; dann ist unter der Voraussetzung, daß beide Gassäulen gleiche Länge haben, die Dichte des Gases in beiden Röhren gleich. Aus dem am Manometer abzulesenden Druck ergibt sich diese Dichte und damit die gesuchte Temperatur.

Durch Kombination von Jaminschen Spiegeln und Fresnelschen Parallelepipeden[3]) konnte Berthelot den Abstand der beiden parallelen Strahlen auf 92 mm bringen. Zur Prüfung der Methode umgab er die zu erhitzende Röhre mit einem Mantel, durch den er die Dämpfe von Flüssigkeiten leitete, deren Siedepunkt genau bekannt ist.

Um die Länge der erhitzten Luftsäule zu begrenzen, ist in beiden Enden der Röhre eine Wasserkühlung folgendermaßen angebracht: Ein dünnes Messingrohr von 7 mm Durchmesser ist von zwei konzentrischen Rohren umgeben, durch die ein

---

[1]) Annales de chimie et de physique (7. Folge) **26**. 58—144 (1902).
[2]) Vgl. z. B. Kohlrausch, Leitfaden der Physik (7. Aufl.), S. 158.
[3]) Vgl. darüber z. B. Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik. (9. Aufl.) II. 1, S. 1150.

rascher Wasserstrom läuft; um den Übergang von warm zu kalt nicht zu schroff zu gestalten, wodurch die Interferenzstreifen unscharf würden, ist an das innerste Rohr nach der Mitte zu ein Platinrohr von 4 cm Länge angesetzt. Während der eine Kühler bis auf eine feste Entfernung von 7 cm zu der Mitte des erhitzten Rohres hineinragt, ist der andere Kühler, der bedeutend länger ist wie sein Gegenstück, auf einem Schlitten längs der Rohrachse verstellbar und seine Verschiebung kann auf einer Teilung mit einem Mikroskop genau abgelesen werden.

Man macht nun eine Ablesung in der Anfangsstellung, indem man die Luft in der parallel geschalteten kalten Röhre soweit auspumpt, bis die Interferenzstreifen auf 0 stehen, und liest am Manometer den Druck ab. Dann zieht man den beweglichen Kühler 5 oder 10 Zentimeter heraus, wodurch das Bereich der konstanten Temperatur im erhitzten Rohre um gleichviel zunimmt, führt wieder die Streifen auf 0 durch entsprechende Luftverdünnung zurück und liest den zugehörigen Druck ab. Kennt man die Temperatur der kalten Gassäule, so hat man alle Daten zur Rechnung. Indem man die Differenz der beiden Messungen nimmt, bei denen die Länge der heißen Gassäule verschieden war, beseitigt man den Fehler, der dadurch entsteht, daß zwischen dem mittleren Teile, der durch den Dampf auf konstanter Temperatur gehalten wird und den gekühlten Enden die Temperatur abfällt.

Die Prüfung der Methode ergab für den Siedepunkt von Alkohol, Wasser und Anilin auf 0,1—0,3° richtige Werte.

Auf diesem Wege fand Daniel Berthelot den Schmelzpunkt des Silbers in 6 Beobachtungsreihen zu 959,2—966,2°, im Mittel zu 962°, den des Goldes in 5 Beobachtungsreihen zu 1062,1—1066,7°, im Mittel zu 1064°.[1])

Diese Zahlen stimmen mit denen, die Erhard und Schertel[2]) mit dem Lufthermometer auf dem gewöhnlichen Wege erhielten, ziemlich überein; diese beiden fanden nämlich für Silber 954° und für Gold 1074°.

Eine Frage von grundsätzlicher Bedeutung ist es für das Lufthermometer, ob der Ausdehnungskoeffizient der Gase unabhängig von der Temperatur ist. Geradezu läßt sich diese Frage nicht beantworten, weil wir eben die Ausdehnung des Gases als Maß der Temperatur nehmen. Würde der Ausdehnungskoeffizient des Gases sich ändern, so würden auch die mit dem Lufthermometer gemessenen Temperaturdifferenzen

[1]) Eine ganz eigenartige Form des Lufthermometers bietet die Transpirationswage von Callendar (Nature 59, 494), in der die Änderung der Geschwindigkeit, mit der Luft durch dünne Kapillaren strömt, zur Bestimmung der Temperatur dient. Der Apparat ist nach dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke konstruiert. An Stelle der 4 Zweigdrähte der Brücke tritt hier eine Reihe feiner Kapillarröhren, die sich von weiteren Gasröhren abzweigen; mittels eingeschalteter Hähne kann man dem Gase den Weg durch die weiten oder die engen Röhren anweisen. Der Brückendraht mit dem Galvanometer ist durch eine weite Röhre ersetzt, die in einer Kammer eine mit Zeiger oder Spiegel versehene Fahne trägt, die durch den Luftstrom nach der einen oder der anderen Seite abgelenkt werden kann. Sind alle Hähne geöffnet und herrscht in allen Kapillaren die gleiche Temperatur, so bieten die letzteren der durchströmenden Luft den gleichen Widerstand dar; durch das Brückenrohr strömt keine Luft und der Zeiger bleibt in Ruhe. Erwärmt man dagegen eine Kapillare, so wird der Widerstand gegen das Durchströmen in ihr vermindert und die Änderung des Widerstandes, mithin auch die Temperatur, kann durch den Zeigerausschlag gemessen werden.

[2]) Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen in Sachsen 1879, S. 154.

in verschiedener Höhenlage verschiedenen absoluten Wert haben.[1]) Indirekt suchte Viktor Meyer[2]) darüber ein Urteil zu gewinnen, indem er die Ausdehnung von Stickstoff und von Sauerstoff bis zur Weißglut mit einander verglich; er fand keinen Unterschied. Wenn sich also der Ausdehnungskoeffizient dieser Gase mit der Temperatur änderte, so müßte er sich bei beiden in ganz gleichem Maße ändern; da erscheint es wahrscheinlicher, daß er ungeändert bleibt, daß also das Luftthermometer ein richtiges Maß für die Temperatur bietet.

Trotz der anderweitig unerreichbaren theoretischen Vorzüge des Luftthermometers hat man wegen der Schwierigkeiten, die seine Anwendung zu exakten Messungen bietet, stets darauf gesonnen andere Pyrometer herzustellen, die bei gleicher Genauigkeit einfacher wären und durch Vergleich mit dem Luftthermometer geeicht werden könnten.

Auf **kalorimetrische** Messungen führte Pouillet die Temperaturbestimmung zurück, indem er die spezifische Wärme des Platins bei verschiedenen Temperaturen, die er mit dem Luftthermometer maß, bis zu 1200° bestimmte. Erhitzte er nun eine gewogene Platinkugel auf eine unbekannte Temperatur, tauchte sie dann rasch in eine bekannte Menge Wasser und beobachtete dessen Erwärmung, so konnte er hieraus umgekehrt die Temperatur berechnen, der die Platinkugel ausgesetzt war. Unter der Annahme, daß die spezifische Wärme des Platins sich über 1200° nach demselben Gesetze ändert wie unter dieser Grenze, dehnte Pouillet seine kalorimetrischen Temperaturbestimmungen auf noch höher liegende Temperaturen aus.

Violle[3]) suchte auf diesem kalorimetrischen Wege die Temperatur des schmelzenden Platins zu bestimmen, indem er in geschmolzenes Platin eine Platinspirale tauchte und im Augenblicke, als die Oberfläche des Platins erstarrte, die Spirale mit der an ihr hängenden Scheibe von Platin heraushob und in das Wasser des Kalorimeters tauchte. In 5 Versuchen fand er so mit 30—87 g Platin, daß 1 g Platin beim Erkalten von seinem Erstarrungspunkte bis zu 15° 74,73 Kalorien abgibt. Mit dieser Zahl konnte er aus der Formel für die mittlere spezifische Wärme des Platins zwischen den Temperaturen 0° und t°

$$c_0^t = 0{,}0317 + 0{,}000006 \cdot t$$

die Temperatur x ableiten, für welche

$$(x - 15)\, c_0^x = (x - 15)\,(0{,}0317 + 0{,}000006 \cdot x) = 74{,}73$$

ist, vorausgesetzt, daß diese Formel bis zum Schmelzpunkt des Platins gilt. Er fand so als Erstarrungspunkt des Platins **1779°**. Freilich macht Violle selber darauf aufmerksam, daß diese Zahl zu hoch sein dürfte, weil die spezifische Wärme in der Nähe des Schmelzpunktes wahrscheinlich rascher zunehme, als der Formel entspricht, da das Platin vor der Verflüssigung teigig wird.

Auf ganz dem gleichen Wege fand Violle für Palladium[4]) den Schmelzpunkt

[1]) Ein absolutes Maß der Temperatur läßt sich thermodynamisch aus dem zweiten Hauptsatz ableiten.
[2]) C. Langer und V. Meyer, Pyrochemische Untersuchungen. (Braunschweig 1885). S. 9.
[3]) Comptes rendus 85, 541 (1877).
[4]) Comptes rendus 87, 981 (1878).

Digitized by Google

1500°, übereinstimmend mit der kalorimetrischen Messung an gleichzeitig erhitztem Platin, einmal kurz vor dem Schmelzpunkte des Palladiums und das andere Mal als das Palladium eben geschmolzen war.

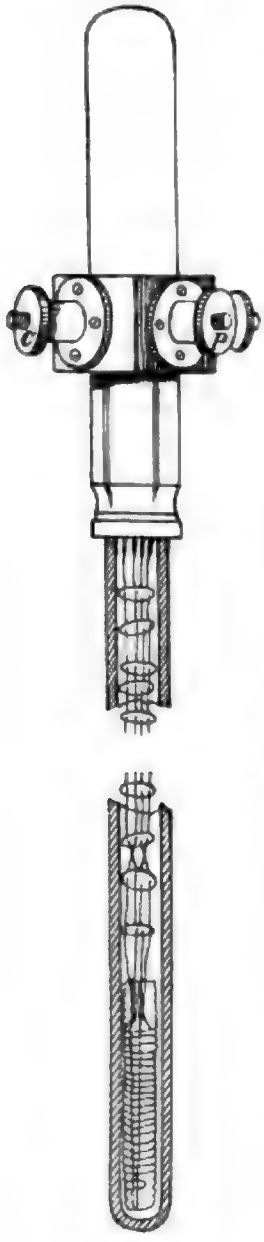


Fig. 1.

Des weiteren ermittelte Violle kalorimetrisch folgende Schmelzpunkte:

Silber	954°	Kupfer	1054°
Gold	1035°	Iridium	1950°.[1])

Auf kalorimetrischer Grundlage beruht auch das Wasserpyrometer von Boulier, bei dem durch eine Kapsel, die der zu bestimmenden Temperatur ausgesetzt wird, ein Wasserstrom fließt, dessen Temperatur beim Eintritt und beim Austritt gemessen wird. Bei einem solchen Wasserpyrometer, das zur Messung der Temperatur eines Porzellanofens diente, war die aus 0,1 mm dickem Messingblech hergestellte Meßkapsel 40 mm lang und hatte 9 mm Durchmesser. Dieser Kapsel wurde Wasser aus einem hochliegenden Behälter zugeführt und die Menge des aus der Kapsel austretenden Wassers durch ein Zählwerk gemessen; bei den von Lauth[2]) angestellten Versuchen strömten 2,500 Liter in der Minute durch den Apparat. Geeicht wurde das Wasserpyrometer durch bekannte Schmelzpunkte von Metallen. Wenn sich auch dieses Pyrometer als leidlich brauchbar erwiesen haben soll, so hat es doch keine weitere Verbreitung gefunden.

Weit bequemer und genauer als kalorimetrische Messungen sind **elektrische Methoden**, die man deshalb schon frühzeitig zur Temperaturbestimmung verwertet hat.

Der Widerstand der Metalle gegen den elektrischen Strom nimmt mit steigender Temperatur rasch zu; ist der Zusammenhang zwischen Widerstand und Temperatur festgestellt, so kann seine Änderung zur Temperaturmessung dienen. Auf diesem Grundsatze beruht das bekannte Pyrometer von C. W. Siemens, dessen Hauptbestandteil eine auf einen Tonzylinder gewickelte Platinspirale ist.

Heycock und Neville[3]) gaben dem Widerstandspyrometer eine möglichst handliche Form (Fig. 1). Etwa 20 cm reinsten Platindrahtes von 0,1 mm Durchmesser sind um einen schmalen Rahmen von kreuzförmigem Querschnitt gewickelt, der von zwei Glimmerblättchen gebildet wird; die Platinspirale hat etwa 2 cm Länge; ihr Widerstand beträgt bei 0° 3,5 Ohm. An die Enden der Spirale sind dickere Platindrähte gelötet und an diese

[1]) Comptes rendus **89**, 702 (1879); um 20 g Iridium zu schmelzen, verbrauchte er 750 Liter Knallgas.
[2]) Bull. Soc. chim **46**, (2 Folge), 786 (1886).
[3]) Journal of the Chemical Society (neue Folge) **67**, 160 (1895).

Digitized by Google

schließlich Kupferdrähte, die in Klemmschrauben endigen; die Drähte sind auf ihrem Wege durch Glimmerscheibchen von einander isoliert. Zum Schutze der Spirale und ihrer Zuleitungen dient ein innen und außen glasiertes Porzellanrohr von 40 cm Länge und 7 mm innerem Durchmesser.

Um den Widerstand der Zuleitungen zur Spirale auszuschalten, dient der „Kompensator", der genau wie das Pyrometer gestaltet ist, nur daß an der Stelle, wo bei diesem sich die Spirale befindet, Hin- und Rückleitung direkt mit einander verbunden sind. Man sieht in der Figur die zwei Drähte des Kompensators den beiden Pyrometerzuleitungen parallel laufen. Bei der Messung wird vom Gesamtwiderstand des Pyrometers der Widerstand des Kompensators abgezogen und so erhält man den Widerstand der Spirale allein. Der Kompensator erfüllt also hier einen ganz entsprechenden Zweck wie die gleichnamige Vorrichtung beim Luftthermometer.

Für die Beziehung zwischen dem Widerstand des Platins und der Temperatur sind folgende Gleichungen aufgestellt worden:

$$R_0 : R_t = 1 - \alpha t + \beta t^2 \text{ (Matthiessen)}$$
$$R_t : R_0 = 1 + \alpha t + \beta t^2 \text{ (Benoit)}$$
$$R_t = \alpha T_2^1 + \beta T + \gamma \text{ (Wm. Siemens).}$$

In diesen Formeln bedeutet R_0 den Widerstand bei 0°, R_t den Widerstand bei der Temperatur t; α, β, γ sind empirisch zu ermittelnde Konstante; die Formel von Siemens ist auf die „absolute" Temperaturskala bezogen, so daß $T = t + 273°$ ist.

Nach den Untersuchungen von Callendar[1]) stimmt die Formel von Matthiessen nur zwischen 0° und 100° und die Formel von Benoit schmiegt sich den Beobachtungen besser an als die von Siemens.

Callendar bediente sich einer besonderen Temperaturskala. Ebenso wie bei der gewöhnlichen Teilung die Temperatur t durch den Bruch

$$t = \frac{V_t - V_0}{V_{100} - V_0} \cdot 100,$$

definiert wird, worin V_0, V_{100} und V_t das Volumen der thermometrischen Substanz (Quecksilber, Luft) bei 0°, 100° und t° bedeutet, so setzte Callendar eine „Platintemperatur" $p\,t$ fest durch die Gleichung

$$p\,t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \cdot 100,$$

worin R den elektrischen Widerstand des Platins bedeutet. Den Zusammenhang mit den Angaben des Luftthermometers stellte er dar durch

$$t = p\,t + \delta\left\{\left(\frac{t}{100}\right)^2 - \frac{t}{100}\right\},$$

worin δ eine Konstante ist, die nur von der chemischen Beschaffenheit des benutzten Platindrahtes abhängt und meist den Wert 1,5 hat.

Da sich bei längerem Gebrauche die Angaben des Widerstandsthermometers etwas ändern, so muß es vor jeder wichtigen Messung kontrolliert werden.

[1]) Phil. Mag. (5) **32**, 104 (1891); **48**, 519.

Digitized by Google

Uber 1100° kann das Schmelzen der Glasur des Schutzrohres schaden, wenn der Draht an der Wand anliegt; auch wenn eine Glimmerscheibe in die Glasur einschmilzt, kann sich beim Erkalten der Draht spannen und dadurch das Instrument beeinflußt werden. Deshalb benutzt man über 1100° besser ein unglasiertes Rohr.

Eine andere elektrische Methode der Temperaturmessung, die im Laufe der letzten 10 Jahre die größte Wichtigkeit gewonnen hat, beruht auf der Messung der elektromotorischen Kraft, die sich an der Verbindungsstelle zweier Drähte aus verschiedenem Metalle beim Erwärmen bildet.

Schon vor etwa 70 Jahren haben Becquerel und Pouillet solche Thermoelemente zur Messung hoher Temperaturen benutzt; Pouillet verband einen Eisendraht und einen Platindraht, Becquerel nahm Platin und Palladium. Sie eichten durch Vergleich mit dem Luftthermometer.

Die Thermokraft J des Platin-Palladiumelementes ändert sich mit der Temperatur T nach Becquerels[1]) Angabe folgendermaßen:

$$3 \log T - 2 \log J = 2{,}6732675 - \frac{77{,}85}{T}.$$

Tait[2]) und Avenarius gaben später folgende Formel:

$$e = a(t_2 - t_1) + b(t_2^2 - t_1^2),$$

worin e die elektromotorische Kraft, t_2 die Temperatur der warmen Lötstelle und t_1 die Temperatur am anderen Ende des Drähtepaares bedeutet, a und b Konstante sind, die von der Sonderart der Drähte abhängen.

Ausführliche Untersuchungen über thermoelektrische Pyrometer stellte Carl Barus[4]) an, Physiker der U. S. Geological survey in Washington. Er stellte reines Platin mit Platiniridium und mit Platinrhodium zusammen. Am geeignetsten fand er die Legierung von Platin mit 20 % Iridium oder mit 10 % Rhodium. Die Spannung des Platin-Platiniridiumelementes war etwa $\frac{4}{3}$ mal so groß als die von Platin-Platinrhodium. Die Beständigkeit der Elemente genügte weitgehenden Ansprüchen, auch in der Weißglut. Barus konnte den Platiniridiumdraht im Knallgasgebläse einschmelzen und abermals zu Draht ausziehen, ohne daß sich die Angaben des Elementes wesentlich änderten.

Das Platinrhodiumelement verdanken wir Le Chatelier[5]), der auch mit anderen Metallkombinationen Versuche anstellte und insbesondere die Drähte auf ihre Gleichförmigkeit prüfte; er fand sie ungenügend bei Eisen und Palladium; dagegen zeigten sich außer Platin und Platinrhodium noch Platiniridium und Kupfer brauchbar.

Ob die Drähte an ihrer Verbindungsstelle zusammengedreht oder zusammengeschweißt oder geschmolzen oder mit Gold oder mit Palladium gelötet werden, machte keinen Unterschied.

[1]) Ann. chim. phys. (3. Folge) **68**, 49 (1863).
[2]) Pogg. Annal. **119**, 446 (1863); **149**, 372 (1873).
[3]) Trans. Roy. Soc. Edinburg **27**, 125 (1872—1873).
[4]) Wied. Ann. **36**, 358 (1889) und anderweitig.
[5]) Journal de physique (2. Folge) **6**, 23 (1887).

Digitized by Google

Für sein Platinrhodiumelement (mit 10 % Rhodium) stellte Le Chatelier die Gleichung auf:

$$E = -0{,}15 + 0{,}115\, t,$$

die nach seiner Angabe zwischen 300° und 1200° bis auf 10° genau ist.

Holman[1]) benutzte für das Le Chateliersche Element 2 Interpolationsformeln, erstens die „Exponentialgleichung“:

$$\Sigma_0^t e = m\, T - \beta$$

worin

$$\beta = m\, T_0^n = m \cdot 273^n$$

und zeitens die „logarithmische Gleichung“

$$\Sigma_0^t e = m\, t^n$$

aus der folgt:

$$\log \Sigma_0^t e = n \log t + \log m.$$

$\Sigma_0^t e$ bedeutet darin die elektromotorische Kraft für die Temperatur t der erhitzten und t_0 der kalten Lötstelle des Elementes; m und n sind Konstante.

Einer äußerst sorgfältigen Prüfung haben Holborn und Wien[2]) an der physikalisch-technischen Reichsanstalt das thermoelektrische Pyrometer unterworfen. Sie fanden, daß sich die Abhängigkeit der Thermokraft von der Temperatur bei Elementen aus Platinmetallen, sowie Gold und Silber in weiten Grenzen durch eine Gleichung zweiten Grades darstellen läßt und zwar durch eine Parabel. Für eines der von ihnen benutzten Platin-Platinrhodiumelemente (10 % Rhodium) gaben die Formel:

$$e = -310 + 8{,}043\, t + 0{,}00172\, t^2;$$

die Formel gilt zwischen 250° und 1500°.

Was die Richtung des Stromes anlangt, so geht er an der heißen Lötstelle vom Platin zum Platinrhodium. Holborn und Wien fanden, daß dickere Drähte homogener sind als dünnere. So zeigten Drähte in der jetzt gebräuchlichen Dicke von 0,5 mm auf eine Länge von mehreren Metern keine Abweichung, die einen größeren Unterschied als 0,1° bei der Temperaturabstimmung bewirken könnte. Wurden aus ihnen dünnere Drähte ausgezogen, so wuchs die Abweichung; sie ist bei einer Dicke von 0,25 mm etwa doppelt so groß. Dieser Unterschied ließ sich auch durch elektrisches Ausglühen nicht beseitigen.

Über die Ausführung der Messungen mit dem Thermoelement ist folgendes zu sagen: Am besten wird seine elektromotorische Kraft nach einer Nullmethode bestimmt, indem man eine passende Spannung gegenschaltet. Holborn und Wien benutzten zu dieser Gegenschaltung 10 Thermoelemente aus Nickel und Kupfer, deren heiße Lötstellen auf 100° und deren kalte Lötstellen auf 0° gehalten wurden. Für diese Temperaturdifferenz gibt das Nickelkupferelement für Nickel, das aus verschiedenen Quellen bezogen war, folgenden Wert: für Nickel von Schuchardt 2350, von Trommsdorff 2230, von Lange 2150 Mikrovolt.

---

[1]) Philos. Mag. (5) **42**, 37 (1896).

[2]) Wied. Ann. **47**, 107 (1892); Ann. (4. Folge) **2**, 340; Z. f. Instrumentenkunde **12**, 302 (1892).

Digitized by Google

Bequemer, aber weniger genau ist die einfache Benutzung eines Voltmeters, zumal eines, das zwei Skalen übereinander trägt, wie das von Keiser und Schmidt gelieferte Instrument, an dem die untere Teilung die Spannung in Mikrovolt anzeigt, während die obere die zugehörige Temperatur zwischen 500° und 1500° ablesen läßt. Während bei der Nullmethode der Widerstand des Thermoelementes keinen Einfluß auf die Messung hat, spielt er hier eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Da ja solch Voltmeter seiner Natur nach weiter nichts als ein Messer der Stromstärke ist, der hohen inneren Widerstand besitzt, so haben Änderungen des Widerstandes im Stromkreise Einfluß auf die Angaben des Instrumentes, einen Einfluß, der vernachlässigt werden kann, solange der äußere Widerstand gegenüber dem inneren Widerstande im Voltmeter verschwindend klein ist. Wenn das aber nicht zutrifft, so hat die Skala des Voltmeters nur bedingten Wert.

In einem Instrumente von Keiser und Schmidt, das dem elektrochemischen Laboratorium der Berliner Technischen Hochschule gehört, beträgt der Widerstand des Voltmeters laut dem von der physikalisch-technischen Reichsanstalt ausgestellten Prüfschein 124 Ohm bei 20°; seine Angaben gelten unter der Annahme, daß das Voltmeter annähernd diese Temperatur hat, daß der Widerstand des zugehörigen Thermoelementes 2 Ohm beträgt und daß dessen Enden auf 0° abgekühlt sind. Da der Widerstand der Drähte stark mit der Temperatur ansteigt, so ist es nicht unwesentlich, auf welche Länge das Element der zu messenden Temperatur ausgesetzt ist; im Prüfschein ist für die Gültigkeit der korrigierten Temperaturskala des Instruments eine Eintauchtiefe von 20 cm angenommen.

Alle diese Einschränkungen fallen, wie gesagt, fort, wenn man sich der Nullmethode bedient, die also für Präzisionsmessungen vorzuziehen ist.

Neben seiner Handlichkeit hat das thermoelektrische Pyrometer den großen Vorzug, daß es nicht wie das Luftthermometer oder das Widerstandspyrometer nur die mittlere Temperatur eines mehr oder minder großen Raumes angibt, sondern die Temperatur des bestimmten Punktes zu messen gestattet, an dem sich die stecknadelkopfgroße Lötstelle befindet.

Der Gebrauch des Le Chatelierschen Pyrometers erfordert im übrigen dieselben Vorsichtsmaßregeln, die für den Gebrauch von Platinapparaten überhaupt gelten; Heizgase sind von ihm fernzuhalten; ebenso ist Wasserstoff bei Gegenwart von Silicium schädlich. Man benutzt deshalb das Thermoelement nach Möglichkeit nicht ohne ein Schutzrohr aus glasiertem Porzellan.

Benutzt man die Drähte von Thermoelementen, die durch solche Einflüsse ungleichförmig geworden sind, immer in derselben Ordnung, so bemerkt man oft keine größere Änderung der Thermokraft, wohl aber, wenn man das Temperaturgefälle längs der Drähte ändert. So zeigte ein derart beschädigtes Element, als es zum Vergleich mit einem normalen Elemente an der Lötstelle vereinigt war, folgende Differenzen in Mikrovolt, wenn die gemeinschaftliche Lötstelle aus der Mitte eines 40 cm langen, elektrisch geheizten Rohres herausgezogen wurde:

	I	II
Mitte	7	7
6 cm nach rechts	− 73	+ 3
6 - - links	+ 126	+ 36

Bei I waren die Elemente gekreuzt, während bei II die beiden Drähte je eines Elementes nach derselben Seite liefen. Früher hatten beide Elemente in allen Lagen bis auf 5 Mikrovolt übereingestimmt, bis das eine in einen Ofen aus nicht hinreichend ausgeglühter Chamotte gebracht war. Um den Schaden zu beseitigen, mußte man das Stück Draht abschneiden, das durch die von Chamotte abgegebenen Gase verdorben war.[1])

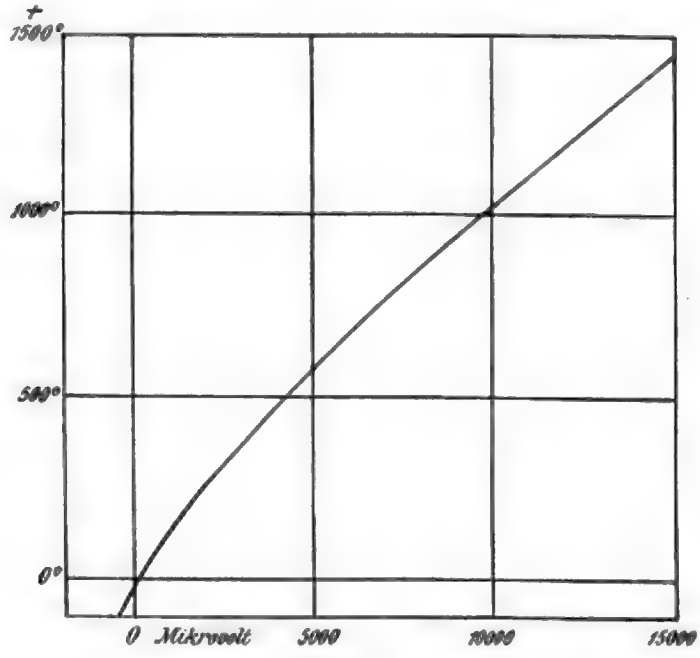


Fig. 2.

Zur Eichung des Thermoelementes benutzten Holborn und Wien das Gasthermometer und zwar brachten sie die Lötstelle in die Mitte des Gefäßes, wie schon Schinz seinerzeit getan hat. Fig. 2 stellt den Zusammenhang zwischen Thermokraft und Temperatur zwischen 115° und 1307° zeichnerisch dar. Sie bezieht sich auf den Vergleich eines bestimmten Platin-Platinrhodiumelementes (10 % Rhodium) mit dem Lufthermometer von 1892.

Wir sehen, daß über 500° die Kurve fast geradlinig verläuft.

Wegen dieser einfachen Gestalt der Kurve kann man ihren Verlauf schon durch einige Punkte mit ziemlicher Genauigkeit festlegen. Als solche feste Punkte bieten sich die Schmelzpunkte und Siedepunkte gewisser chemischer Elemente.

[1]) Holborn und Day, Annalen (4. Folge) 2, 540 (1900).

Digitized by Google

Von Siedepunkten sind der des Schwefels und der des Zinks besonders sorgfältig gemessen worden, um sie zur Eichung von Pyrometern zu verwerten. Regnault hatte als Siedepunkt des Schwefels unter Atmosphärendruck 448,0° gefunden, während Callendar und Griffiths ihn zu $444{,}5° + 0{,}08\,(H - 760)$ [1]) festlegten. —

Über den Siedepunkt des Zinks waren lange Zeit sehr widerstreitende Angaben maßgebend. Deville und Troost hatten ihn zu 1040° angegeben, während Becquerel 932° fand, in einer späteren Arbeit sogar nur 884—891°. Beide hatten Gasthermometer angewandt, Becquerel Luft im Platingefäß, Deville und Troost Joddampf im Porzellanballon. In dem anhebenden Streite führten Deville und Troost die niedrigen Zahlen Becquerels auf die Porosität des glühenden Platins zurück, während dieser ganz richtig bezweifelte, ob Joddampf als thermometrische Substanz zulässig wäre. Als Deville und Troost 1880 von neuem den Zinksiedepunkt bestimmten und diesmal Stickstoff als Meßgas benutzten, fanden sie als mittleren Wert von 27 Beobachtungen 942°.

Violle fand als Siedepunkt des Zinks 929,6° übereinstimmend in mehreren Versuchen. Wie er betont, ist die genaue Bestimmung dieses Siedepunktes schwierig, weil die spezifische Wärme des Zinkdampfes sehr klein ist; deshalb schwankt bei der geringsten äußeren Temperaturänderung sofort die Angabe des in den Dampf eingetauchten Thermometers.

Auch Barus hat ausführliche Untersuchungen über den Siedepunkt des Zinks angestellt; er benutzte einen eigenartigen Tiegel mit eingestülptem Boden, so daß das Thermoelement von unten bis in die Mitte des Tiegels eingeführt werden konnte.

Die andere Art von Fixpunkten, die Schmelzpunkte, wurde über diesen Siedepunktsbestimmungen nicht vernachlässigt; im Gegenteil wandte man viel Arbeit auf, um die Schmelzpunkte des Silbers und des Goldes genau zu bestimmen. Je mehr aber die Messungen vervollkommnet wurden, um so mehr Schwierigkeiten stellten sich bei der exakten Durchführung der Messungen heraus.

Prinsep setzte einfach kleine Schälchen mit Metallkörnern dicht unter den Ballon seines Luftthermometers.

Über die kalorimetrischen Schmelzpunktsbestimmungen von Violle haben wir schon früher gesprochen.

Weit genauer wird die Messung, wenn man ein Thermoelement benutzt. So verfuhr Becquerel [2]) als er den Schmelzpunkt von Gold und Silber bestimmte. Er führte in ein weites Rohr, das seinen Ofen durchsetzte, ein Thermoelement ein und hängte unmittelbar vor dessen Lötstelle an Platinhäkchen, die in einem eisernen Ringe angebracht waren, Drähte aus Gold oder Silber auf. Kurz bevor der Schmelzpunkt erreicht war, mäßigte er das Anheizen, so daß die Temperatur möglichst langsam anstieg. Das Abschmelzen der Drähte ließ sich scharf beobachten. Er fand so als

[1]) H beobachteter Barometerstand.
[2]) Ann. chim. phys. (3. Folge) **68**, 49 (1863).

Schmelzpunkt des Silbers 960° ± 5°, des Goldes 1092° und für dicken Kupferdraht 1225°.

Le Chatelier[1]) fügte das zu schmelzende Drähtchen zwischen die Enden seines Thermoelementes ein, brachte diese Lötstelle in die Mitte eines Tiegels, der bis nahe unter den Schmelzpunkt des betreffenden Metalles erhitzt war, und steigerte langsam die Temperatur. Dann stieg die Thermokraft stetig, bis plötzlich durch das Schmelzen des Drahtes der Strom unterbrochen wurde.

In anderen Fällen umwickelte Le Chatelier die Lötstelle seines Thermoelementes mit einem dünnen Blättchen aus dem zu untersuchenden Metalle und steigerte die Temperatur in der Nähe des Schmelzpunktes äußerst langsam; begann das Blättchen zu schmelzen, so blieb die Angabe des Voltmeters einige Augenblick konstant, weil durch das Schmelzen Wärme verbraucht wurde und deshalb die Temperatur stehen blieb, bis das Blättchen ganz geschmolzen war.

Diesen Haltepunkt bei der Temperatursteigerung beobachtet man besser, wenn man größere Mengen Metall einschmilzt, die Lötstelle des Thermoelementes in die Schmelze eintaucht, erstarren läßt und von neuem langsam anheizt. Der Haltepunkt wird sich um so schärfer ausprägen, je größer die Schmelzwärme des Metalles ist, je größere Mengen man von ihm anwendet und je sorgfältiger man anheizt.

Holborn und Day unterscheiden dieses Verfahren als die „Tiegelmethode" von der „Drahtmethode" Le Chateliers. Über die Genauigkeit dieser beiden Methoden urteilen sie folgendermaßen:[2])

„Die Genauigkeit der Tiegelmethode ist ohne weiteres aus der Grenze gegeben, die man bei der Messung mit Thermoelementen überhaupt einhalten kann. Die Drahtmethode ist weniger genau, weil das Durchschmelzen etwas von der Spannung abhängt, welche die Drähte des Thermoelementes, namentlich der Platinrhodiumdraht, auf die Lötstelle ausüben und welche bei den einzelnen Versuchen wechselt. Es kommen deshalb wohl die höchsten Temperaturen, die man für die Schmelzpunkte beobachtet, der Wahrheit am nächsten, um so mehr als häufig der Draht an der Lötstelle kurz vor dem Schmelzen abbricht."

Eine eigenartige Methode der Schmelzpunktsbestimmung wandte Muthmann[3]) kürzlich an. Er brachte auf die Oberfläche des Metalles einen Fühlhebel, bestehend aus einem Magnesiastab, der durch ein 100 Grammgewicht beschwert beim Schmelzen plötzlich in das Metall einsank und seine Bewegung auf einen Zeiger in vergrößertem Maßstabe übertrug; im Augenblick dieses Einsinkens wurde ein in die Schmelze getauchtes Le Chatelier-Pyrometer abgelesen.

Vorbedingung ist bei allen diesen Methoden, daß die Temperatur des Heizofens möglichst gleichmäßig ist und sich genau regeln läßt und daß das schmelzende Metall vor chemischen Veränderungen geschützt wird.

Diese Bedingungen suchte Holman[4]) durch die in Fig. 3 wiedergegebene

[1]) Journal de physique (2. Reihe) **6**, 23 (1887)
[2]) Annalen der Physik, (4. Folge) **2**, S. 526 (1900).
[3]) Liebigs Annalen **331**, (1904).
[4]) Philos. Mag. [5] **42**, 37 (1896).

Form des Schmelzofens zu erfüllen. In einem doppelwandigen Ofen F wird der Schmelztiegel C von der Flamme des Gebläsebrenners B umspült. Um das Metall im Tiegel vor Oxydation zu schützen wird er mit einem Kohlenblock E bedeckt, in dessen Unterseite eine zum Tiegelrand passende Rinne eingeschnitten ist; außerdem ist im

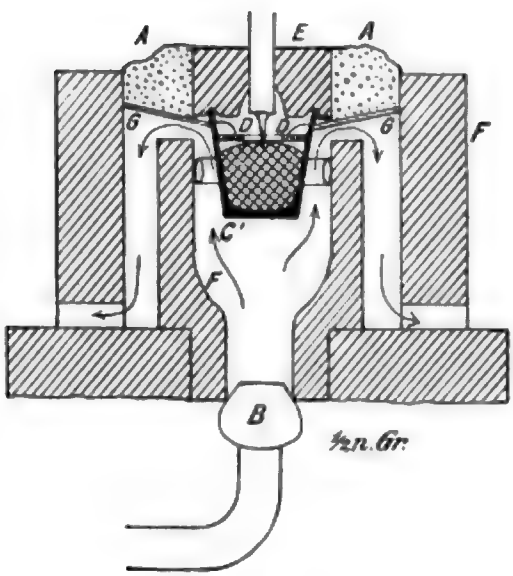
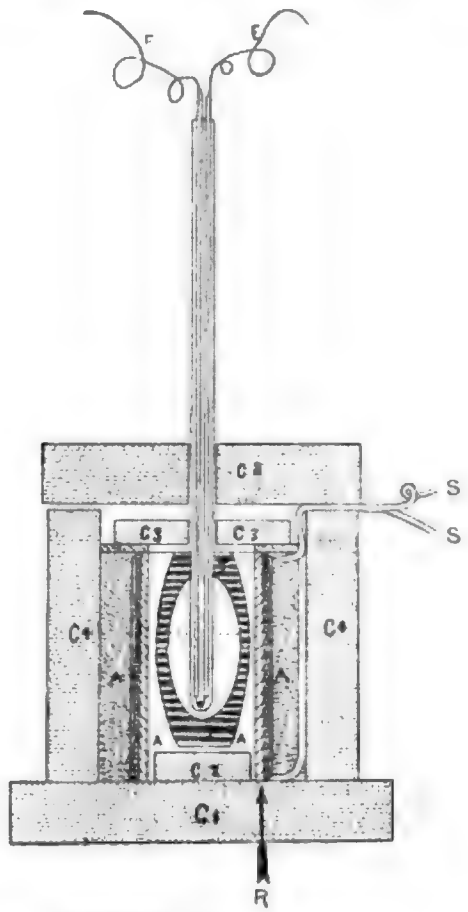


Fig. 3.



Maassstab 1 : 4.

Fig. 4.

Tiegel noch eine Scheidewand DD aus Kohle angebracht, auf die Kohlenpulver geschüttet wird. Um die Hitze zusammenzuhalten, dient eine Asbestscheibe $G\,G$, die eine dicke Schicht von Asbestfasern $A\,A$ trägt. Von oben her ragt durch Öffnungen in Deckel und Scheidewand das Thermoelement bis in die Schmelze hinein.

Bequemer ist der elektrisch geheizte Ofen von Holborn[1]) (Fig. 4). Die Heizspule aus blankem Nickeldraht ist auf ein kurzes Chamotterohr R gewickelt, in dessem

[1]) Annalen der Physik (4. Folge) **2**, 524 (1900). Der Ofen ist durch W. C. Heräus in Hanau zu beziehen.

Innern der Tiegel aufgestellt ist, das Ganze ist durch lose Asbestwolle *AA* und den dicken Chamottemantel *C* möglichst gegen Wärmeabgabe geschützt.

Das Material der Tiegel, in denen die Schmelzen vorgenommen werden, ist meist Porzellan oder Graphit. Beide Stoffe sind dann nicht anwendbar, wenn das geschmolzene Metall aus ihnen Silicium bezw. Kohlenstoff aufnehmen würde. Für derartige Metalle wendete Muthmann Tiegel aus Magnesia an, die nach folgender Vorschrift hergestellt waren: Reine Magnesia wird im elektrischen Flammenbogen geschmolzen, grob gepulvert und mit konzentrierter Boraxlösung zu einem dicken Brei angerührt; mit diesem Brei wird ein Graphittiegel 3—5 mm dick ausgekleidet, getrocknet und auf höchste Weißglut erhitzt, wobei der Borax verdampft. So erhält man einen porösen, aber gut haltbaren Tiegel aus fast reinem Magnesiumoxyd.

Um das geschmolzene Metall vor Sauerstoff zu schützen, bedeckte Holman, wie beschrieben, seinen Tontiegel mit Kohle, Holborn wandte einen Graphittiegel an, auf den ein zweiter Graphittiegel als Deckel gestülpt war; der Boden dieses zweiten Graphittiegels hatte ein Loch, um das Thermoelement durchzulassen (Fig. 3). Gelegentlich schmolz Holborn unter einer schützenden Decke von Kochsalz, zu gleichem Zwecke benutze Muthmann geschmolzenes Bariumchlorid. Heycock leitete Kohlenoxyd oder Wasserstoff auf die Oberfläche des flüssigen Metalles, um seine Oxydation zu hindern.

Barus[1]) bohrte in einem Zylinder aus dem betreffenden oxydierbaren Metalle, z. B. Zink, bis auf $^3/_4$ seiner Länge eine enge Höhlung, in die das Thermoelement gerade hineinpaßte, setzte den Zylinder in einen Rundtiegel und heizte an (Fig. 5).

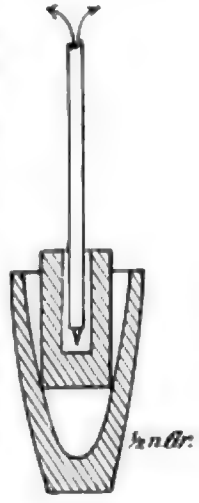


Fig. 5.

Wegen der Lage des Brenners war am unteren Teil des Tiegels die Temperatur höher als oben und der Metallzylinder schmolz von unten ab. Barus stellte auf das Maximum der Temperatur ein und zog das Thermoelement heraus, bevor der Boden der Höhlung abgeschmolzen war.

Die Lötstelle der Thermoelemente wurde von Holman ungeschützt in das geschmolzene Metall eingetaucht. Hier lag die Gefahr vor, daß sich eine Legierung mit dem Metall bildete; Holman überzeugte sich aber, daß bei seinen Bestimmungen keine wesentlichen Unterschiede auftraten, ob er das Thermoelement das erste Mal oder zu wiederholten Malen benutzte. Nach der Messung wurde das Thermoelement herausgezogen, die Lötstelle gereinigt oder einfach abgeschnitten und die Enden der beiden Drähte im Knallgasgebläse von neuem zusammengeschmolzen.

Muthmann tauchte die Lötstelle nur in das geschmolzene Salz $^1/_2$—1 cm über der Metalloberfläche.

Holborn umgab das Element mit einem Porzellanschutzrohr von 5 mm Weite und 1,5 mm Wandstärke, das mindestens 4 cm in das geschmolzene Metall ein-

[1]) Barus, Messung hoher Temperaturen, S. 70.

Digitized by Google

tauchte und 1 cm über dem Boden des Tiegels endigte. Aus Fig. 3 ersieht man, wie innerhalb dieses Schutzrohres die beiden Drähte voneinander noch durch dünne Porzellanröhrchen isoliert sind.

Le Chatelier[1]) schuf sich eine Schutzhülle um sein Thermoelement, als er den Siedepunkt des Zinks maß, in folgender eigenartigen Weise: Er trennte die beiden Drähte durch kreuzweis umgewickelte Asbestfäden und führte sie in ein Glasrohr ein, das am einen Ende zugeschmolzen war. Erhitzte er nun das Glas zum Schmelzen, so verschmolz es mit dem Asbest zu einem Firnis, der gegen die Zinkdämpfe genügenden Schutz bot.

Der größte Vorzug dieser einfachen Schutzdecke dürfte ihre Billigkeit sein; im allgemeinen wird man Porzellanrohr vorziehen, das in passenden Maßen für das Le Chateliersche Pyrometer vielfach hergestellt wird.

So haben wir in diesem Pyrometer einen handlichen, empfindlichen und bei Beachtung der gegebenen Vorsichtsmaßregeln zuverlässigen Apparat, der in Verbindung mit der elektrischen Heizung die Schmelzpunktsbestimmungen gegen frühere Zeiten sehr erleichtert.

Immerhin haben auch jetzt noch diese Messungen bei vielen Metallen mehr oder minder große Schwierigkeiten, deren eingehender Besprechung wir uns nun zuwenden wollen, indem wir die einzelnen Metalle der Reihe nach durchgehen. Wir werden dabei noch öfter Gelegenheit zu allgemeineren Bemerkungen finden. Wie schon in der Einleitung erwähnt, wollen wir nur solche Metalle berücksichtigen, deren Schmelzpunkt über 500° liegt.

Gold. Das Gold wird auch in geschmolzenem Zustande vom Sauerstoff der Luft nicht angegriffen; dadurch fällt eine unangenehme Fehlerquelle fort. Da ferner sein Schmelzpunkt in leicht erreichbarer Höhe liegt und chemisch reines Gold unschwer zu beschaffen ist, so hat man sich schon seit vielen Jahren bemüht, diesen Punkt als Fixpunkt für Eichungen genau festzulegen.

Violle hatte 1035°, in späteren Messungen 1045° als Schmelzpunkt des Goldes gefunden, Silbermann und Jacquelin 1260°, Becquerel 1092°, Barus 1091°, Callendar 1037°, Erhard und Schertel 1075°, Daniel Berthelot 1064°.

Der von Silbermann und Jacquelin gefundene Wert ist offenbar viel zu hoch. Der niedrige Wert, den Callendar gibt, ist nach Heycock und Neville deshalb zu tief, weil Callendar sein Pyrometer nicht richtig eichte; er nahm nämlich als einen der 3 Punkte, die er zur Berechnung der Konstanten seines Pyrometers brauchte, außer 0° und 100° den Schmelzpunkt des Silbers nach Deville zu 945° an; führt man statt dessen den richtigeren Wert 960,7° ein, so ergibt sich aus Callendars Messungen als Schmelzpunkt des Goldes 1061°.

Ausführliche Messungen stellten Holborn und Wien 1892[2]) an. Sie bestimmten den Schmelzpunkt des Goldes und zweier anderer Metalle im Verlauf ihrer Untersuchungen über das Luftthermometer, um an die älteren Temperaturbestimmungen

[1]) Comptes rendus **121**, 324 (1895).

[2]) Annalen **47**, 107 (1892).

Anschluſs zu gewinnen. Zunächst benutzen sie die Drahtmethode, indem sie ein Stückchen Gold in die Lötstelle des Thermoelementes einfügten. Bei der geringen Ausdehnung dieses Zwischenstückes war jedenfalls die Temperatur an seinen Enden gleich, so daß die thermoelektrischen Kräfte, die an den beiden Verbindungsstellen durch die Berührung mit dem Gold hervorgerufen wurden, sich aufhoben.

Um ganz sicher zu gehen benutzten Holborn und Wien in weiteren Versuchen eine Porzellankapsel, die aus zwei aufeinander passenden Halbkugeln von 40 mm Durchmesser und 5 mm Wandstärke bestand und mit feinen Löchern zum Hindurchziehen von Drähten versehen war. In diese Kapsel führten sie zwei Thermoelemente ein, die vorher nach der auf Seite 278 beschriebenen Methode mit einander verglichen waren, und bedeckten die ganze Kapsel mit Quarzsand. Beim Erhitzen zeigten beide Elemente innerhalb der sehr kleinen zulässigen Fehlergrenzen gleiche Temperatur. An die Stelle des einen Elementes brachten sie nun zwei Platindrähte, die durch ein Stück Gold verbunden und in den Stromkreis eines galvanischen Elementes zusammen mit einem Galvanoskop eingeschaltet waren. Im Augenblicke, wo das Galvanoskop die Stromunterbrechung anzeigte, wurde die Temperatur gemessen.

Nach der ersten Anordnung erhielten Holborn und Wien unter Benutzung verschiedener Thermoelemente folgende Werte für die Thermokraft und die daraus berechnete Schmelztemperatur:

Element	Mikrovolt	Temperatur
E	10 460	1075°
-	10 460	1075°
-	10 410	1071°
-	10 460	1075°
C	10 410	1071°
-	10 440	1073°
C_3	10 390	1069°
-	10 430	1072°
-	10 420	1072°
E_3	10 440	1073°
-	10 450	1074°
-	10 420	1072°

Mit der zweiten Anordnung (in der Porzellankapsel) erhielten sie

Element	Mikrovolt	Temperatur
C_3	10 320	1064°
-	10 400	1070°
-	10 360	1067°

Als Mittelwert aller Messungen ergab sich **1072°** als Schmelzpunkt des Goldes. Das benutzte Gold enthielt eine Spur Kupfer.

Unter Anwendung elektrischer Heizung wiederholte Holborn 1900 mit Day[1]) seine Bestimmungen. Sie erhitzten so langsam, daß sie deutlich beobachten konnten,

[1]) Annalen (4. Folge) **2**, 505 (1900).

Digitized by Google

wie kurz vor dem Durchschmelzen die Temperatur der Lötstelle konstant wurde. Nunmehr fanden sie in 16 Versuchen 1062,9—1064,8° und als Mittelwert 1064,0°; die mittlere Abweichung der einzelnen Beobachtungen von diesem Werte betrug nur 0,6°.

Das benutzte Gold stammte teils aus der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt zu Frankfurt a. M., teils war es in der physikalisch-technischen Reichsanstalt gereinigt; beide Sorten hatten denselben Schmelzpunkt.[1])

Nach der Tiegelmethode arbeiteten Heycock und Neville[2]) mit ihrem Widerstandspyrometer; sie bestimmten nicht den Schmelzpunkt, sondern den Erstarrungspunkt des Goldes. Sie schmolzen bis zu 1200 Gramm Gold in einem zylindrischen Tiegel von 42 mm Weite und 105 mm Höhe, setzten diesen Tiegel in einen zweiten Tiegel, füllten den Zwischenraum mit Scherben aus und ließen so die Schmelze unter Umrühren langsam erkalten. Das Pyrometer wurde 57—70 mm in die Schmelze eingesenkt; es war in einem Muffelofen vorgewärmt worden, in den es auch nach Beendigung des Versuchs wieder gebracht wurde, um hier langsam zu erkalten; dadurch wurde die Lebensdauer des Porzellanrohres erheblich verlängert.

Heycock und Neville fanden in 17 Bestimmungen 1060,1—1062,3°, im Mittel **1061,7** als Erstarrungspunkt des Goldes.

Das von ihnen benutzte Gold wurde vor und nach den Messungen analysiert; es war 99,95prozentig.

Holborn und Day bestimmten 1901[3]) nach der Tiegelmethode Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt des Goldes. Da die Schmelzwärme des Goldes gering ist, so erhielten sie bei Vorversuchen mit 350 Gramm in einem dünnwandigen Porzellantiegel noch keinen guten Haltepunkt der Temperatur, sondern Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt bis zu 4° verschieden. Erst als sie 450 Gramm Gold einschmolzen und den Porzellantiegel in einen mit Asbest ausgefütterten weiteren Tiegel setzten, um das Metall vor der Ofenhitze besser zu schützen, erhielten sie bessere Ergebnisse. Graphittiegel mit 5 mm dicker Wandung waren noch brauchbarer; deshalb benutzte Holborn fortan, wenn wie hier beim Golde, die reduzierende Wirkung des Graphits unnötig war, ausgebrannte Graphittiegel, deren Wandung nur noch aus Ton bestand.

So fanden Holborn und Day für den Erstarrungspunkt E und den Schmelzpunkt S:

im doppelten Porzellantiegel:

E 1063,3—1063,6° in 4 Bestimmungen

S 1063,4—1063,6° in gleichfalls 4 Bestimmungen

im Graphittiegel:

E 1063,3—1063,6° (3 Bestimmungen)

S 1063,4—1063,7° (3 Bestimmungen)

Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt sind also nicht merklich von einander verschieden.

[1]) Man könnte bei der Drahtmethode einwenden, dafs sich eine Legierung zwischen Gold und Platin bilden kann; aber der Schmelzpunkt dieser Legierungen liegt erheblich höher als der des Goldes.

[2]) Journ. chem. soc. (neue Folge) 67, 160 (1895).

[3]) Annalen der Physik (4. Folge) 4, 99 (1901).

Digitized by Google

Um zu prüfen, ob oxydierende Gase vielleicht doch einen Einfluß auf den Schmelzpunkt des Goldes ausüben, leiteten sie Kohlensäure ein und erhielten (im Graphittiegel):

E 1063,5—1063,6 (3 Best.)
S 1063,5—1063,7 (3 Best.)

Als sie Sauerstoff einleiteten (doppelter Porzellantiegel) ergab sich:

E 1062,9—1063,8 (5 Best.)
S 1063,4—1064,1 (4 Best.)

Das Mittel aller dieser Bestimmungen ist **1063,5**.

Liest man die Spannung des Thermoelementes während des Erhitzens oder während des Erkaltens von Minute zu Minute ab und trägt in einem rechtwinkligen Koordinatensystem die Zeiten auf der horizontalen, die Spannungen in Mikrovolt auf der vertikalen Achse auf und verbindet die zusammengehörigen Punkte durch eine Kurve, so bietet diese „Zeitkurve" ein anschauliches Bild von der Temperaturänderung. Ein Haltepunkt der Temperatur wird sich in der Kurve durch ein horizontales Stück ausprägen.

Stellt man diese Zeitkurve für die eben besprochenen Beobachtungen dar, so zeigt sich, daß sie nicht in allen Fällen gut übereinstimmt; namentlich fallen diejenigen Kurven auf, die beim Einleiten von Sauerstoff erhalten werden. Einerseits stellt sich der stationäre Zustand hier nicht so scharf her wie sonst, andererseits pflegt die Temperatur beim Schmelzen des Metalles vielfach über den Schmelzpunkt hinüber zu steigen und später erst wieder darauf zurückzukommen. Daß die Ursache hierfür nicht in dem Rühren liegt, welches das Aufsteigen der Glasblasen bewirkt, zeigen die Fälle, wo Kohlensäure in das Gold eingeleitet wurde. Überhaupt verlaufen die Zeitkurven bei dem Einleiten von Sauerstoff und selbst beim Zutritt von Luft unregelmäßig.[1])

Der von Holborn endgültig erhaltene Wert 1063,5 weicht nur wenig von der Zahl 1061,7 ab, die Heycock und Neville fanden. Der Schmelzpunkt des Goldes ist also heutzutage so genau bekannt, daß er als Fixpunkt zu Eichungen hervorragend brauchbar ist.

Für das von Zahnärzten benutzte, annähernd reine Gold fand Holman den Schmelzpunkt 4° niedriger.

Silber. Bei welcher Temperatur reines Silber schmilzt, ist erheblich schwerer genau festzustellen, weil hier der Sauerstoff der Luft eine große Rolle spielt.

Violle hatte kalorimetrisch 954° gefunden, Becquerel in seinen letzten Messungen 960° ± 5°, Erhard und Schertel 954°. Daniel Berthelot fand mit seiner Interferenzmethode 962°. Barus und gar Silbermann und Jacquelin erhielten wesentlich höhere Zahlen.

Nach der Drahtmethode erhielten Holborn und Wien für den Schmelzpunkt des Silbers keinen sicheren Wert, weil in der Nähe des Schmelzpunktes die thermoelektrische Kraft außerordentlich schwankte, so daß eine genaue Beobachtung des

[1]) Holborn und Day, Annalen der Physik (4. Folge) **4**, S. 101 (1901).

Digitized by Google

Schmelzpunktes sehr erschwert wurde. Da diese Schwankungen bei Gold fehlen, so vermutet Holborn, daß sie beim Silber von chemischen Umsetzungen, wie Oxydation, herrühren, die neue thermoelektrische Kräfte hervorrufen. In der Anordnung mit Porzellankapsel und gesondertem Stromkreis ergab sich bessere Übereinstimmung.

Nach der ersten Methode ergab sich in 4 Bestimmungen 961—980°, nach der zweiten in 5 Bestimmungen 962—968° und mit einem anderen Thermoelemente (c_3) 969 und 975°. Als Mittelwert folgte aus den nach der zweiten Methode angestellten Beobachtungen 968°.

Ebenso wie beim Golde erhielt Holborn 1900 mit elektrischer Heizung auch für das Silber einen niedrigeren Schmelzpunkt, nämlich in 14 Bestimmungen 952,1 bis 956,0°, im Mittel 953,6°.

Das Silber war als Draht von 0,25 und von 0,5 mm Durchmesser oder in Form von schmalen 0,25 mm dicken Blechstreifen angewandt worden.

Nach der Tiegelmethode arbeitete Holman mit etwa 30 Gramm Silber in Tontiegel. Benutzte er zur Umrechnung der beobachteten Spannung (14 093 Mikrovolt) in Zentesimalgrade die „Exponentialgleichung", so fand er als Schmelzpunkt des Silbers 972°; nach der „logarithmischen" Gleichung erhielt er 969°. Das Mittel beider Zahlen 970,5° dürfte etwas zu hoch sein, weil Holman als Fixpunkt zur Eichung den Schmelzpunkt des Goldes mit 1072° annahm.

Heycock und Neville bestimmten den Erstarrungspunkt des Silbers nach der Tiegelmethode in sauerstofffreier Atmosphäre durch 34 Bestimmungen zu 957,5—961,6° und nahmen als wahrscheinlichsten Wert 960,7° an. Die eingeschmolzene Metallmenge betrug 268—700 Gramm.

Als Le Chatelier die Richtigkeit der Messungen von Heycock und Neville anzweifelte, stellten diese eine neue Reihe von Beobachtungen an und fanden als Erstarrungspunkt des Silbers in Graphittiegel, wenn sie Kohlenoxyd überleiteten, 958,7°, in starkem Wasserstoffstrom 959,1°, in Kohlensäure 959,1 und beim Überleiten von Luft 956,1°.

Benutzten sie einen doppelten unglasierten Tontiegel, so ergab sich in Luft 954,4°, in Sauerstoff 947,9—954,4; verdrängten sie den Sauerstoff durch Stickstoff, so stieg der Erstarrungspunkt allmählich von 949,5° auf 954,3°; wurde nun Wasserstoff übergeleitet, so ergab sich 960,5° und als nun wieder Stickstoff zugeführt wurde 959,3°.

Als den wahren Erstarrungspunkt folgern Heycock und Neville aus diesen Beobachtungen 960,5° in sehr guter Übereinstimmung mit den früher in Kohlenoxyd und in Graphittiegel erhaltenen Zahlen.

Mit dem Erstarrungspunkt fällt der Schmelzpunkt zusammen.

Die abweichenden Angaben von Le Chatelier erklären sich nach der Vermutung von Heycock und Neville dadurch, daß sein Thermoelement durch reduzierende Gase angegriffen war.

Holborn und Day[1]) behandelten die Frage nach dem Schmelzpunkt des Silbers erschöpfend.

[1]) Annalen [4] 2, 528.

Aus den Messungen von Callendar und von Heycock und Neville schlossen sie, daß Silber in oxydierender Atmosphäre niedriger schmilzt oder erstarrt als in reduzierender; als Grund dieses Unterschiedes betrachten sie, daß das Silber beim Schmelzen Sauerstoff absorbiert, der aus dem erstarrten Metalle wieder entweicht und dadurch das bekannte „Spratzen" verursacht. Als sie das Silber in offenem Porzellantiegel schmolzen, ohne zu rühren, erhielten sie überhaupt keinen bestimmten Schmelzpunkt, sondern eine Zeitkurve, die in Fig. 6 *A* dargestellt ist; sie zeigt keinen horizontalen Ast, sondern nur ein Intervall von 6—8°, wo die Temperatur allmählich fällt oder ansteigt (je nachdem man erhitzt oder abkühlt). Als der Chamottedeckel des Ofens durch Glimmerplatten ersetzt wurde, so daß man in den Tiegel hineinsehen konnte, zeigte sich, daß das Metall in dem größten Teile des fraglichen Intervalles sowohl beim Erstarren, als auch beim Schmelzen flüssig war. Das Schmelzen oder Erstarren erfolgte etwa bei 954,5°.

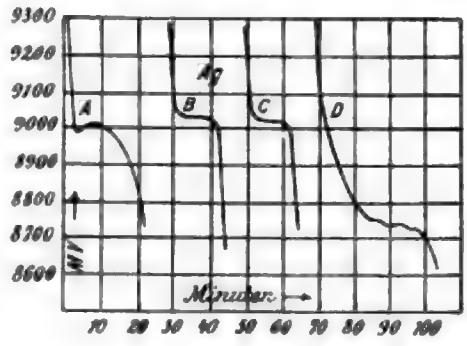


Fig. 6.

Wurde das Thermoelement mit der Schutzröhre bewegt oder mit einem besonderen Röhrchen geführt, so rückten die Grenzen für die langsame Temperaturänderung näher zusammen und konnten durch verstärktes Rühren herabgedrückt werden.

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Beobachtungsreihen mit und ohne Rühren zusammengestellt. *G* bezeichnet das Gewicht des geschmolzenen Silbers in Gramm, t_1 und t_2 die untere und obere Grenze für die langsame Temperaturänderung und t die Mittel aus beiden; *E* und *S* bedeuten wie früher Erstarrungspunkt und Schmelzpunkt.

Schmelzen von Silber im Tiegel bei Luftzutritt

1. ohne Rühren

G		t_1	t_2	t
350	*E*	954,4°	958,2°	956,3°
350	*S*	956,1	961,0	958,6
350	*E*	957,3	959,6	958,5
350	*S*	957,0	960,9	959,0
350	*E*	953,2	960,2	956,7
350	*S*	957,0	960,9	959,0
500	*E*	953,6	955,0	954,3
500	*S*	955,3	956,7	956,0
500	*E*	953,6	960,0	956,8
500	*S*	950,0	954,6	952,3

Digitized by Google

2. mit Rühren

G		t_1	t_2	t
500	E	953,6	955,0	954,3
500	E	955,3	956,7	956,0
380	S	953,6	960,0	956,8
380	E	950,0	954,6	952,3

Das Mittel aus den Werten von t für das gerührte Metall ist 954,9°, nur 1,0° weniger als sich nach der Drahtmethode ergab. Holborn nimmt deshalb 955° als den ungefähren Schmelzpunkt des bei Luftzutritt geschmolzenen Silbers an.

Das Spratzen trat, wie durch den Glimmerdeckel beobachtet werden konnte, nach dem Erstarren zwischen 933 und 940°, im Mittel bei 936° ein und war viel stärker, wenn das geschmolzene Metall vorher gerührt worden war.

Als versucht wurde, das geschmolzene Silber durch Einleiten von Sauerstoff damit zu sättigen, schwankte der Erstarrungspunkt noch stärker wie vorher; er wurde bei 939, 938, 942 und 938° beobachtet, lag also, wie zu erwarten war, jetzt viel tiefer und zwar etwa bei der Temperatur, bei der früher der Sauerstoff unter Spratzen entwich. Kurve D (Fig. 6) gibt die Gestalt dieser Zeitkurve an, die sich freilich mannigfach änderte. So begann z. B. der Sauerstoff in einem Falle bei langsam sinkender Ofentemperatur bei 940° zu entweichen und das Thermometer stieg dann unter andauerndem Spratzen in 5 Minuten bis auf 963°, wo das Silber plötzlich erstarrte.

Als Holborn den Zutritt des Sauerstoffes verhinderte, indem er im Porzellantiegel unter Kochsalz schmolz oder einen Graphittiegel benutzte, auf den ein zweiter als Deckel aufgesetzt war, erhielt er die Zeitkurven B (Kochsalz) und C (Graphit). Beidemal hat die Zeitkurve sowohl beim Schmelzen als auch beim Erstarren einen horizontalen Ast. Hier ergibt sich also ein bestimmter Wert für den Schmelzpunkt des Silbers und zwar liegt er jetzt höher.

Die beobachteten Schmelz- und Erstarrungspunkte sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

Schmelzen von Silber ohne Zutritt von Sauerstoff:

1. im Porzellantiegel unter Kochsalz

	E	961,7
G	S	961,9
400	E	961.7
	S	961.9

2. im Graphittiegel

	E	961,2
G	S	961.3
352	E	961,2
	S	961,2

Digitized by Google

Aus diesen sehr gut übereinstimmenden Zahlen folgt im Mittel 961,5° als Schmelzpunkt des Silbers.

Auf die Drahtmethode sind die angegebenen Schutzmaßregeln gegen den Sauerstoff nicht anwendbar, weil man die blanke Lötstelle nicht in das zu gut leitende Kochsalz stecken kann und weil in der reduzierenden Atmosphäre eines Graphittiegels das Thermoelement verdorben würde.

Kupfer: Prinsep hatte den Schmelzpunkt des Kupfers gleich dem einer Legierung von 97 Teilen Gold und 3 Teilen Platin gefunden; das würden etwa 1080° sein.

Violle fand kalorimetrisch 1054°, Silbermann und Jacquelin 1180° und Becquerel gar 1224,5° für dicken Kupferdraht.

Holborn und Wien erhielten nach der Drahtmethode in ihrer ursprünglichen Form keine brauchbaren Werte für den Schmelzpunkt des Kupfers, weil die Schwankungen der Thermokraft noch viel größer als beim Silber waren. Auch nach der verbesserten Drahtmethode waren die Abweichungen immer noch groß; in 4 Bestimmungen erhielten sie 1078—1090°, im Mittel 1082°.

Die Drahtmethode ist jedenfalls beim Kupfer sehr ungenau, weil es zu leicht oxydiert wird.

Auch bei der Tiegelmethode ist es sehr nötig, das Kupfer vor dem Luftsauerstoff zu schützen. Heycock und Neville schmolzen deshalb das Kupfer (500 bis 805 Gramm) im Graphittiegel unter Borax; einige Mal gaben sie auch etwas gepulverte Holzkohle zum Borax, was aber bei Anwendung eines Graphittiegels unnötig schien. Die Boraxschmelze blieb farblos. Es ergab sich 1079,0—1081,7°, im Mittel 1080,5° als Erstarrungspunkt des Kupfers. Oxydation erniedrigte den Schmelzpunkt.

Bei Holman war das Kupfer durch die Konstruktion des Ofens vor Sauerstoff geschützt. Holman konnte beim Schmelzen wie beim Erstarren die Temperatur ohne Schwierigkeit 5 Minuten lang konstant halten, obwohl er nur 35 Gramm Metall anwandte. Er fand 1095°. Sein Material war Elektrolytkupfer mit 99,99 % Kupfer neben 0,0002 % Eisen und enthielt kein Silber, Arsen oder Schwefel. Für gewöhnliches Barrenkupfer mit 99,88 % Kupfer erhielt er 1094,3°, für eine zweite Sorte Elektrolytkupfer 1094,7° und für hartgezogenen käuflichen Kupferdraht 1094,2°.

Da Holman, wie schon beim Kupfer erwähnt, als Fixpunkt den Schmelzpunkt des Goldes zu 1072° statt 1064° nahm, so ist sein Schmelzpunkt für Kupfer zu hoch; zieht man 8° ab, so ergibt sich 1087° als verbesserter Wert.

An der Luft geschmolzenes Kupfer hat, wie Holborn und Day fanden, einen bestimmten Schmelzpunkt, den sie in 12 Bestimmungen zu 1064,7—1065,4° fanden; der Erstarrungspunkt war 1064,6—1065,1° (9 Bestimmungen). Als Gesamtmittel ergibt sich 1065,0.

Während diese Zahlen für Kupfer gelten, das im Porzellantiegel geschmolzen war, so ergab sich im Graphittiegel, also in reduzierender Atmosphäre, 1084,2 bis 1084,3° als Schmelzpunkt und 1083,9—1084,2° als Erstarrungspunkt (je 2 Bestimmungen).

Digitized by Google

Fig. 7 gibt die Zeitkurven für Kupfer in Luft (*A* und *B*) und in Graphittiegel (*C* und *D*).

Der Schmelzpunkt des reinen Kupfers liegt also bei 1084,2°.

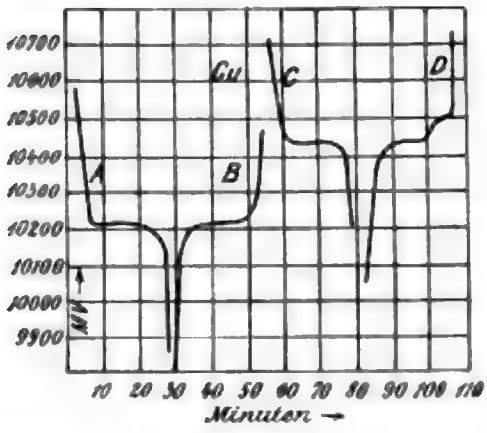


Fig. 7.

Wenn das geschmolzene Kupfer Sauerstoff enthält, so schwärzt sich die eingetauchte Schutzröhre des Thermoelementes, während reines Kupfer unglasiertes Porzellan nicht merklich angreift.

Ausführlich hat sich mit dem Verhalten des geschmolzenen Kupfers E. Heyn[1]) beschäftigt. Er schmolz 450 Gramm Kupfer (Drahtabschnitte) mit wechselnden Mengen gepulvertem Kupferoxydul gemischt in einem Graphittiegel, der mit einem Einsatz von unglasiertem Porzellan versehen war und deckte mit einem dünnen Chamottedeckel zu. Nachdem die Mischung im Gebläseofen geschmolzen war, wurde der Tiegel herausgenommen, auf eine Steinunterlage gesetzt, der Deckel abgeschlagen und das vorgewärmte Thermoelement (mit Porzellanhülle) eingetaucht. Während des Abkühlens wurde der Tiegel ein wenig umgeschwenkt, so lange die Masse noch flüssig war. Ein Bedecken mit Kohle oder geschmolzenen Salzen wurde vermieden.

Nach der Messung wurde der Oxydulgehalt der Schmelze bestimmt und zwar derart, daß dünne Spähne über den ganzen Längsschnitt des Blöckchens entnommen wurden, mit Ausnahme der obersten Schicht von 10 mm Dicke, die jedenfalls aus der Luft Sauerstoff aufgenommen hatte.

Heyn beobachtete nur bei 3 Schmelzen einen ausgeprägten Erstarrungspunkt, nämlich bei 0,08 %, 3,4 % und 3,6 % Kupferoxydul, während in den 5 anderen Fällen, in denen der Oxydulgehalt zu 1,16 %, 1,75 %, 4,7 %, 6,3 % und 9,0 % gefunden wurde, die Schmelze allmählich erstarrte. Im ersten Falle, wo reines Kupfer ohne Oxydulzusatz eingeschmolzen war, lag der Haltepunkt bei 1102°, in dem zweiten und dritten Falle bei 1084°. Dieser Punkt 1084° spielte auch bei der Abkühlung der anderen 5 Schmelzen eine auffällige Rolle, indem die Temperatur erst mehr oder weniger tief (bis zu 8°) unter ihn sank, dann plötzlich zu ihm anstieg, längere Zeit stillstand und dann stetig fiel. Bei einem Gehalt von 1,16 % Kupferoxydul war noch ein zweiter Haltepunkt zu beobachten, der bei 1095° lag.

Der Punkt 1084° ist als der „eutektische" Punkt der Lösung von Kupferoxydul in Kupfer zu betrachten. Schmelzen mit weniger als etwa 3½ % Kupferoxydul scheiden beim Erkalten zunächst reines Kupfer aus, Schmelzen mit höherem Oxydulgehalt da-

[1]) Mitteilungen aus den Königl. Technischen Versuchsanstalten, Berlin 1900; Z. anorg. Chemie 39, 1 (1904).

Digitized by Google

gegen zunächst reines Kupferoxydul, bis so beidemal der Gehalt von 3½ % erreicht ist, das „eutektische" Gemisch, das dann bei der konstanten Temperatur 1084° als Ganzes erstarrt.

Fig. 8 stellte diese Beobachtungen zeichnerisch dar.

Das zu diesen Messungen benutzte Thermoelement kontrollierte Heyn durch Vergleich mit einem zweiten Element, das von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geprüft und seitdem wenig benutzt war.

Da Heyn demgemäß wohl für die relativen, nicht aber für die absoluten Werte seiner Temperaturmessungen sich verbürgt, so kann Holborn mit seiner Vermutung Recht haben, daß der eutektische Punkt mit dem „Schmelzpunkt des Kupfers in oxydierender Atmosphäre", 1065°, zusammenfällt, daß also bei den Zahlen von Heyn 19° abzuziehen sind. Tut man dies, so ergibt sich für Kupfer mit 0,08 % Kupferoxyd der Erstarrungspunkt 1083°, während Holborn für Kupfer in reduzierender Atmosphäre 1084° fand.

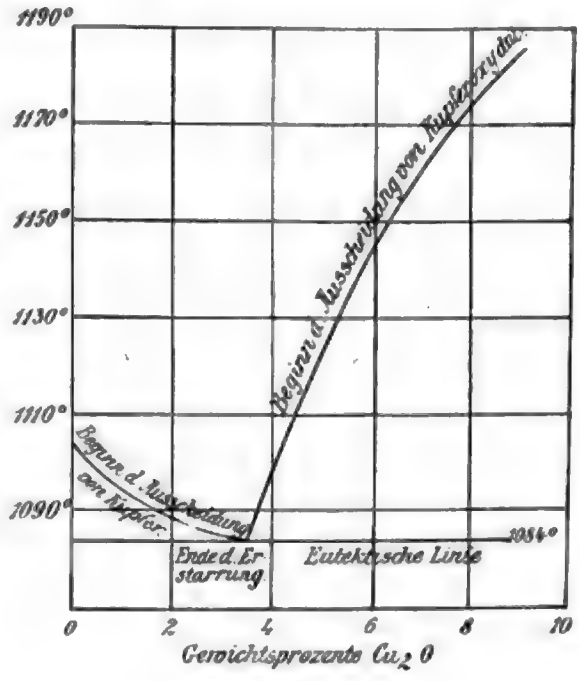


Fig. 8.

Aluminium. Da das Aluminium sich beim Erhitzen an der Luft stark oxydiert und die gebildete Oxydschicht ein glattes Abschmelzen verhindert, so ist die Drahtmethode nicht recht anwendbar. Le Chatelier gibt 625° als Schmelzpunkt an. Im Vakuum habe ich nach einer der Drahtmethode ähnlichen Anordnung 640° als Schmelzpunkt von käuflichem Aluminium gefunden.[1])

Auch nach der Tiegelmethode fanden Heycock und Neville den Erstarrungspunkt des Aluminiums nicht scharf ausgeprägt; in 3 Bestimmungen erhielten sie 652,5–657,2°. Als Schutzdecke wandten sie ein geschmolzenes Gemisch von Kaliumchlorid, Natriumchlorid und ein wenig Kryolith an; obwohl dieses Gemisch durch das schmelzende Aluminium chemische Veränderungen erlitt und beim Rühren Funken

[1]) In einem Porzellanrohr, das im Innern eines elektrischen Widerstandsofens lagerte, wurden quer über einen kleinen, aus Eisenblech gebogenen Schlitten 4 schmale Streifen Aluminiumblech gelegt und in der Mitte durch einen Eisenstab von 5 g Gewicht beschwert, der beim Schmelzen der Streifen herunterfiel. Vor dem Erhitzen wurde auf 3 mm Druck ausgepumpt; die Temperatur wurde in der Nähe des Schmelzpunktes äußerst langsam gesteigert. Es ergab sich so ein scharfer Schmelzpunkt (genauer gesagt „Erweichungspunkt").

Digitized by Google

sprühten, schien doch der Erstarrungspunkt des Aluminiums durch diese Einflüsse nicht verändert zu werden. Auch als gelegentlich Sauerstoff durch das geschmolzene Metall geblasen wurde, blieb der Erstarrungspunkt gleich, obwohl viel Oxyd entstand; das Aluminiumoxyd dürfte im geschmolzenen Metall so gut wie unlöslich sein.

Zufügen von Silicium erniedrigte den Schmelzpunkt.

Holman hatte gleichfalls mit Aluminium Schwierigkeiten. Zunächst zeigte beim Schmelzen das Thermoelement einige Minuten konstante Temperatur an, dann sank seine Thermokraft mit wachsender Schnelligkeit. Wurde das Element herausgezogen, seine Lötstelle gereinigt oder abgeschnitten und wieder in das unberührt gelassene Metall eingesenkt, so zeigte es wieder den ursprünglich hohen Wert. Die Annahme, daß Schlackenbildung zwischen den Drähten die Schuld trug, genügte nicht zur Erklärung.

Als Holman statt des Tontiegels einen Graphittiegel und frisches Metall nahm, bekam er die gleiche Erscheinung wie vorher und die gleiche anfängliche Ablesung, die demnach wohl dem Schmelzpunkte entsprach. In 13 Bestimmungen fand er so 652,5—656,2°, im Mittel 654,6°.

Auch Holborn konnte für Aluminium keinen scharfen Schmelzpunkt finden. Als er 180 Gramm Aluminium in Porzellantiegel schmolz, fand er in 2 Bestimmungen 657,1 als Schmelzpunkt und in 3 Bestimmungen 657,3—657,7° als Erstarrungspunkt. Das Mittel dieser 5 Daten ist 657,3°.

Im Graphittiegel fand er mit 110 Gramm Metall als Erstarrungspunkt 656° und als Schmelzpunkt 655,4—655,5°. Diese Zahlen sind wohl deshalb niedriger als die vorher im Porzellantiegel erhaltenen Werte, weil die Menge des angewandten Metalles ziemlich gering war. Muthmann benutzte den Schmelzpunkt des Aluminiums, um seinen Fühlhebelapparat zu prüfen; er fand in 3 Bestimmungen 650—670°, im Mittel 660°.

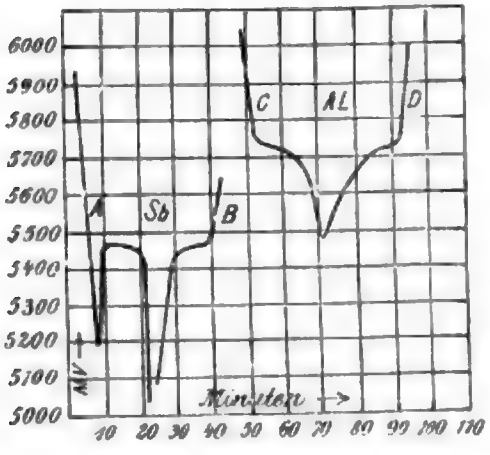


Fig. 9.

In Fig. 9 *C* und *D* sind die von Holborn für Aluminium erhaltenen Zeitkurven wiedergegeben.

Magnesium. Heycock und Neville bestimmten den Erstarrungspunkt des Magnesiums in reduzierender Atmosphäre zu 632,5 bis 632,8° (2 Best.), im Mittel 632,6° die eingeschmolzene Metallmenge betrug 70 g. Das Magnesium stammte von der Paticroft Company und war wohl nicht ganz rein; deshalb halten Heycock und Neville die gefundene Erstarrungstemperatur für zu niedrig.

Im Vakuum fand ich auf die beim Aluminium beschriebene Weise 630° als Schmelzpunkt des Magnesiums.

Digitized by Google

Antimon: Heycock und Neville schmolzen 500 Gramm aus Brechweinstein hergestelltes Antimon im Tontiegel unter Kohlenoxyd; der Schmelzpunkt wurde gleich dem Erstarrungspunkt zu 629,4—629,8° in 3 Bestimmungen, im Mittel zu 629,5° gefunden. Noch nach 6 Stunden war die Oberfläche des geschmolzenen Antimons silberglänzend. Den Schmelzpunkt des Handelsantimons fanden sie zu 623,5°.

Holborn und Day fanden im Graphittiegel 630,7—630,8° (2 Best.) als Erstarrungspunkt und 630,3—630,4° (2 Best.) als Schmelzpunkt für Antimon, das von Kahlbaum bezogen war. Vor dem Erstarren sank die Temperatur erst bis zu 20° unter den Schmelzpunkt, zu dem sie dann plötzlich hinaufstieg, wie aus Fig. 9 *A* zu ersehen ist.

Cer, Lanthan, Neodym, Praseodym.

Muthmann fand unter Anwendung von 20—30 Gramm dieser seltenen Metalle, von denen er sich größere Mengen rein hergestellt hatte, nach seiner früher beschriebenen Methode für Cer 620—625° (4 Best.), im Mittel 623°, Lanthan 610° (2 Best.), Neodym 830—850° (6 Best), im Mittel 840°, Praseodym 940° (2 Best).

Platin. Violle fand kalorimetrisch in der früher beschriebenen Weise 1779° als Schmelzpunkt des Platins. Holman suchte ihn folgendermaßen zu bestimmen: er legte beide Drähte seines Le Chatelier-Pyrometers dicht nebeneinander auf ein Stück Kalk und schmolz ihre Enden zu einer Kugel derart, daß die flüssige Kugel langsam den Draht entlang wanderte. So konnte er leicht die Temperatur genügend lange konstant halten und gut übereinstimmende Zahlen bei verschiedenen Versuchen erhalten. Aus der abgelesenen Spannung von 30 313 Mikrovolt berechnete er mit der Exponentialgleichung 1735°, mit der logarithmischen Gleichung 1783° als Schmelzpunkt des Platins. Das Mittel beider Rechnungen ist 1759°.

Calcium. Dieses Metall, das früher nur schwierig zugänglich war, kann heutzutage, wie Borchardt, Ruff und ich gezeigt haben, elektrolytisch leicht gewonnen werden und wird gegenwärtig fabrikmäßig hergestellt.

Da es sich mit Sauerstoff, mit Stickstoff und Wasserstoff verbindet, so bestimmte Moissan seinen Schmelzpunkt im Vakuum und fand 760°.

Ich habe meinerseits auch im Vakuum große Schwierigkeiten gehabt, den Schmelzpunkt des Calciums zu beobachten, da unter diesen Bedingungen das Metall schon merklich verdampft. Aus meinen Untersuchungen, über die ich demnächst an anderer Stelle berichten werde, ergibt sich in guter Übereinstimmung der verschiedenen Resultate 800° als Schmelzpunkt für elektrolytisch hergestelltes Calciummetall.

Stellen wir noch einmal für die wichtigsten der hier besprochenen Metalle die sichersten Werte ihrer Schmelzpunkte zusammen:

Antimon	630°
Magnesium . . .	633°
Aluminium . . .	656°
Silber	962°
Gold	1063°
Kupfer	1084°
Platin	1760° (ungefähr).

Digitized by Google

Nunmehr bieten diese Fixpunkte ein bequemeres Mittel dar, um danach Pyrometer zu eichen oder auch direkt die ungefähre Höhe von Ofentemperaturen zu bestimmen.

Zu diesem zweiten Zwecke wandte schon Prinsep die Schmelzpunkte von Silber, Gold und Platin an. Um die Lücken zwischen diesen 3 Schmelzpunkten auszufüllen, benutzte er Legierungen und zwar teilte er die Lücke zwischen Silber und Gold in 10 Teile, die große Lücke zwischen Gold und Platin in 100 Teile, indem er Legierungen von Silber mit 10, 20, 30 usw. Prozent Gold und Legierungen von Gold mit 1, 2, 3, 4 usw. Prozent Platin herstellte.

So definierte er z. B. den Schmelzpunkt von Kupfer als gleich dem einer Legierung von 97 % Gold und 3 % Platin und den des Gußeisen als ungefähr gleich dem Schmelzpunkt von Gold mit 30 % Platin.

C. Lauth und G. Vogt[1]) gaben für die Schmelzpunkte solcher Legierungen folgende Tabelle:

Silber %	Gold %	Schmelzpunkt °
100	—	954
80	20	975
60	40	995
40	60	1020
20	80	1047
—	100	1075
Gold %	**Platin %**	°
95	5	1100
90	10	1130
85	15	1160
80	20	1190
75	25	1220
70	30	1255
65	35	1285
60	40	1320
55	45	1350
50	50	1385
45	55	1420
40	60	1460
35	65	1495
30	70	1535
25	75	1570
20	80	1610
15	85	1650
10	90	1690
5	95	1730
—	100	1775

[1]) Bull. Soc. chim. **46** [2], 794 (1886).

Digitized by Google

Wie man bemerken kann, ist die Tabelle unter der nicht einwandfreien Voraussetzung aufgestellt, daß die Abstände zwischen den einzelnen Schmelzpunkten einer gewissen Regel folgen. Viel mehr wird aber der Wert einer solchen Skala dadurch vermindert, daß bei Legierungen von Gold mit Platin, die mehr als 10 % Platin enthalten, sich während des Schmelzens eine goldreichere Legierung von einer platinreicheren trennt, die erst bei weiterem Erhitzen schmilzt, wodurch die Temperaturmessung ungewiß wird.

Erheblich größere Verbreitung haben die von Seeger zur Temperaturbestimmung eingeführten Mischungen von Feldspat mit anderen Mineralien gefunden.

Die Zusammensetzung der aus diesen Gemengen geformten „Segerkegel", die mit fortlaufenden Nummern bezeichnet werden, ist folgende (in Gewichtsteilen):[1])

No.	Tonerde	Kieselsäure	Eisenoxyd
1	0,3	4	0,2
2	0,4	4	0,1
3	0,45	4	0,05
4	0,5	5	—
5	0,5	5	—
6	0,6	6	—
7	0,7	7	—
8	0,8	8	—
9	0,9	9	—
10	1,0	10	—
11	1,2	12	—
12	1,4	14	—
13	1,6	16	—
14	1,8	18	—
15	2,1	21	—
16	2,4	24	—
17	2,7	27	—
18	3,1	31	—
19	3,5	35	—
20	3,9	39	—

Aus diesen Mischungen, die durch Zusammengeben entsprechender Mengen von Quarz und Kaolin (und Eisenoyd) hergestellt sind, werden kleine Tetraeder von 5—6 cm Höhe und ½—2 cm Grundlinie hergestellt, deren Zusammensinken man beobachtet. Das Temperaturbereich dieser Kegel No. 1—20 erstreckt sich von 1150° an aufwärts; auch jenseits dieser beiden Grenzen hat man Segerkegel aus passenden Mischungen hergestellt.

[1]) Lauth und Vogt, a. a. O.

Digitized by Google

Nur widerwillig und einem Drucke der Industrie folgend hat Seger eine Temperaturskala in Celsiusgraden für seine Kegel aufgestellt, ähnlich wie die oben für die Legierungen wiedergegebene.[1])

Da wir aber nur bis etwa 1400° heutzutage Temperaturen genau messen können, so ist es eigentlich richtiger von solcher Auswertung oberhalb dieser Grenze abzusehen.

Nach Hecht liegt der Schmelzpunkt von Segerkegel No. 20 bei 1530°.[2])

Hoffentlich gelingt es späteren Forschungen, das Gebiet der exakten Temperaturbestimmung bis zu weit höheren Grenzen auszudehnen. Aussicht darauf bietet die photometrische Messung der ausgestrahlten Lichtintensität. Auch hier sucht die physikalisch-technische Reichsanstalt, deren Arbeiten wir in unserer Übersicht oft und rühmend erwähnen konnten, bahnbrechend zu wirken.

[1]) Dinglers Polytechn. Journal **284**, 216 (1896).
[2]) Tonindustrie-Zeitung 1896, Heft 18 und 19.

Über Chromsäure-Gerbung.

Von Dr. Chr. Heinzerling †.

Im Nachfolgenden wollen wir einen Überblick über den heutigen Stand der Chromgerbung und gleichzeitig auch einen geschichtlichen Rückblick geben, in welchen in objektiver Weise die Tatsachen aufgeführt werden, die diesen technischen Fortschritt in der Gerberei herbeigeführt haben.

Ehe wir aber zu dem eigentlichen Thema übergehen, erscheint es dringend geboten, eine klare Darstellung über den anatomischen Bau der Haut und deren chemische Zusammensetzung geben zu müssen, und zwar deshalb, weil in den älteren Abhandlungen über die Gerberei nicht genügend scharfe Abgrenzungen und Darlegungen gegeben sind; meistens wird fast nur von der Lederhaut (Corium) gesprochen, während von der Epidermis, die ebenfalls ein wichtiger Teil der Haut ist und namentlich bei dem Chromleder eine Hauptrolle spielt, da hier die Narbenseite meistens, besonders bei Leder, das für Schuhzwecke verwendet wird, nach außen getragen wird, nicht die Rede ist. Befremdend im höchsten Grade berührt es, wenn in einigen neueren Publikationen, auf die wir später speziell hinweisen werden, geradezu irrtümliche Auffassungen und Behauptungen aufgestellt werden, so z. B., daß die Epidermis mit den Haaren entfernt wird und nur die Lederhaut dem Gerbprozeß unterliege.

Nicht allein zum Verständnis des Wesens der Gerberei und der Theorie der Lederbereitung ist es unbedingt erforderlich, über die gröbere und feinere Struktur der Haut und über den anatomischen Bau vollständig unterrichtet zu sein, sondern auch für die praktischen Ausführungen einer Reihe von Operationen ist diese Kenntnis ebenso erforderlich.

Die äußere Haut besteht zu einem großen Teile aus einem faserigen Gerüste. Die Hauptmasse dieses Gerüstes und damit die Haut selbst ist Bindegewebe. Dieses bildet einen einem künstlichen elastischen Zeuge (Tricot) ähnlichen dichten Überzug über die ganze Oberfläche des Körpers, liegt aber nirgends frei zu Tage, sondern ist von einem Überzuge aus Plattenepithel bedeckt. Das Fasergerüst der Haut führt den Namen Lederhaut (Corium, Derma), die Epitheldecke wird als Oberhaut (Epidermis) bezeichnet. Die Anordnung dieser beiden Schichten, welche die eigentlichen schützenden Decken des Körpers darstellen, ist an verschiedenen Stellen des Körpers eine verschiedene. In beiden Schichten eingesenkt findet man eine Reihe von Anhangsgebilden der Haut, die Haare, Nägel und die Hautdrüsen.

Mit der Lederhaut in innigem Konnex steht das subkutane Gewebe, welches sich mit der ganzen Cutis gleichzeitig entwickelt und am frühesten seine volle Aus-

bildung erreicht. Es ist eigentlich der tiefste Teil des Coriumgewebes, aus welchem dessen Fasern entspringen. Das subkutane Gewebe erreicht durch Ablagerung von Fett an vielen Körperstellen eine so mächtige Ausdehnung, daß man es als eine selbständige Schicht von den beiden übrigen Hautschichten zu trennen pflegt.

Für den vorliegenden Zweck kommen nur die beiden Gewebsarten, die Oberhaut (Epidermis) und die Lederhaut (Corium) in Betracht, da das subkutane Gewebe bei der Herstellung des Leders bzw. bei der Vorbereitung der Haut entfernt wird. Die Oberhaut ist von der Lederhaut nicht allein in der chemischen Zusammensetzung und im histologischen Aufbau ganz verschieden, sondern auch in histogenetischer Hinsicht weicht die eine von der anderen ganz entschieden ab. Die Oberhaut geht aus dem äußeren Keimblatt (Estoderm) hervor, während die Lederhaut sich aus dem Mittelblatt (Mesoderm) entwickelt. In chemischer Hinsicht sind sie insofern ganz verschieden, als die Oberhaut aus den keratinhaltigen Stoffen zusammengesetzt ist, während die Lederhaut wesentlich aus collagenem Gewebe (leimgebendem Gewebe) besteht.

Oberhaut (Epidermis). Diese aus einer zahlreichen Zellenschicht bestehende Oberhaut liegt an allen Teilen dem Papillarkörper der Lederhaut fest an, und da letzterer, wie wir später sehen werden, auf seiner äußeren der Lederhaut zugewandten Oberfläche eine große Anzahl von Höckern oder Papillen besitzt, so bildet die Epidermis auf ihrer inneren, dem Papillarkörper zugewandten Seite überall den getreuen Abguß des Reliefs der Lederhaut. Entfernt man oder trennt man die Oberhaut von der Lederhaut durch Behandlung mit Jodserum oder Citronensäure, so zeigt die von der Lederhaut abgehobene Epidermis an vielen Stellen ein bienenwabiges Gewebe.

An der Epidermis kann man eine große Anzahl von Zellschichten unterscheiden, die sich durch die Verschiedenartigkeit der sie konstituierenden Zellformen voneinander unterscheiden. Nach der Beschaffenheit und Form der Zellmasse läßt sich eine oberflächliche festere Schicht, die Hornschicht (Stratum corneum), von einer tieferen weicheren, der sogenannten Schleimschicht (Stratum mucosum, Str. Malpighii), trennen.

Beide Schichten sind scharf voneinander abgetrennt. Jede dieser Schichten zeigt aber wieder Unterabteilungen, welche teils durch das Aussehen ihrer Zellen ohne weiteres, teils aber durch besondere Reaktionen gegen färbende Substanzen hervortreten.

Die innere, tiefste Lage der Schleimschicht, welche dem Papillarkörper unmittelbar aufsitzt, besteht aus zylindrischen oder keulenförmigen Zellen. Auf diese folgen nach außen mehr rundliche und kubische, mit vielfachen Druckfacetten versehene, endlich mehr zur Hautfläche parallel abgeflachte Zellen. Erstere finden sich in großen Mengen im interpapillären Teile, weniger zahlreich oder gar nicht im superpapillären Teile der Schleimschicht.*)

Alle diese Zellen zeichnen sich durch eine stachelige Oberfläche aus, weshalb man diese Schicht auch als Stachelschicht bezeichnet hat. Die Zylinderzellen zeigen gewöhnlich gegen den Papillarkörper die früher schon erwähnten Zähne, während die Stacheln meist nur an ihrem kolbigen, nach außen stehenden Ende deutlich ausgeprägt

*) Unna, Handbuch der Hautkrankheiten. Leipzig 1883.

Digitized by Google

sind und an den inneren Zellteilen, den Stielen, ganz fehlen. Kleine rundliche Zellen, welche in der Zylinderschicht auch vorkommen, erscheinen oft ohne Stacheln.

Zwischen den Stachelzellen sind Interzellularräume, die als Bahn für den Säfteverkehr zwischen dem Epithel und seiner Matrix, der Lederhaut, dienen und Wanderzellen enthalten. Letztere sind Träger des Pigments.

Auf die Stachelzellenschicht folgt eine aus einer oder mehreren Zellenlagen bestehende Schicht von Zellen, welche an ihrer oberflächlichen Schicht noch verkürzte Stachel tragen und in ihrem Inneren noch eine körnige Masse enthalten, die sich mit mehreren kernfärbenden Farbstoffen äußerst intensiv färbt und als Körnerschicht (Stratum granulosum) bezeichnet ist.

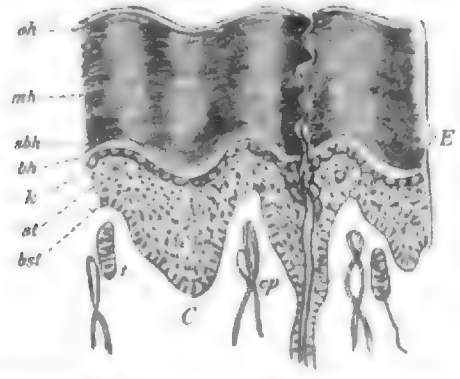
Diese körnige Substanz zeigt in ihrem chemischen Verhalten, wie Waldeyer nachgewiesen hat, große Ähnlichkeit mit dem Hyalin und hat man ihm deshalb den Namen Keratohyalin gegeben.

Auf die Körnerschicht nach außen folgt die Hornschicht (Stratum corneum), die aus klaren durchscheinenden Zellen besteht, in welchen das Keratohyalin fehlt.

Wegen ihres Verhaltens gegenüber Osmiumsäure, Pikrokarmin und anderen Tinktionsmitteln, welche verschiedene Zelllagen der Hornschicht verschieden färben, unterscheidet man an ihr 4—5 Schichten. Es deutet dies auf eine sukzessive Veränderung nicht nur der Zellsubstanz, sondern auch der interzellularen Lücken, den natürlichen Saftwegen des Zelllagers, hin.

Nachstehende Skizze dient zur Veranschaulichung des vorstehend Gesagten.

Fig. 1.



Oberhaut und Papillarkörper (nach Unna modifizierte und etwas schematisierte Zeichnung) (Pikrokarminfärbung durch die Schattierung dargestellt).

E Epidermis *C* Corium
oh Oberflächliche Hornschicht mit Pikrokarmin gelb
mh mittlere - - - rot
sbh superbasale - - - dunkelrot
bh basale - - - gelb
k Körnerschicht der Epidermis mit Pikrokarmin-Körnerfärbung dunkelrot
st Stachelschicht - - - - -
bst basale Stachelschicht (Zylinderzellenschicht) sowie *st*. *t* Tastkörperchen.
cp Kapillarschlinge. *P* Schweißporus und Drüsengang.

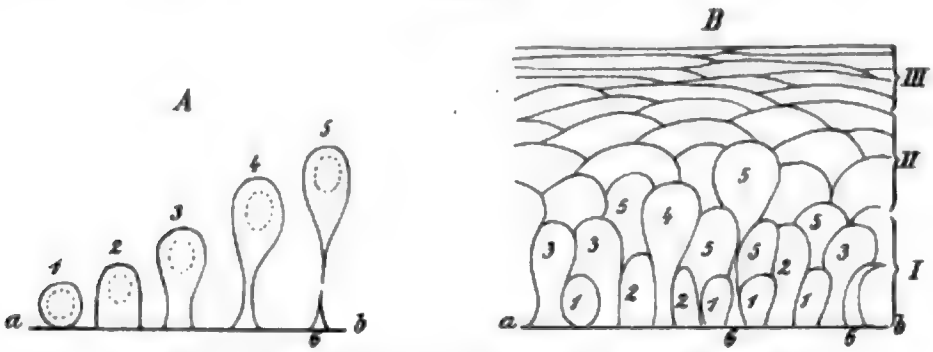
Digitized by Google

Manchem Leser dürfte dies nähere Eingehen auf die feinere anatomische Struktur der Haut etwas zu weitgehend erscheinen, wir werden später jedoch nachweisen, daß diese nähere Kenntnis für das Verständnis der Färbung der Häute unbedingt erforderlich ist.

Bekanntlich liegt die Oberhaut fortwährend in einem Abschürfungsprozeß und das Abgeschürfte regeneriert sich aus der tieferen Schicht.

Die verschiedenen Zellformen und deren Veränderung, die bei dem Wachstums- und Regenerationsprozeß auftreten, werden am besten durch nachfolgende schematische Zeichnung veranschaulicht.*)

Fig. 2.



Schema der Formentypen des geschichteten Plattenepithels.

A. Typen der Zellen in der Basalschicht.

a—b Grenze des Epithels gegen das benachbarte Gewebe. 1. Kugelzelle. 2. Zylinderzelle. 3. Keulenzelle. 4. Gestielte Zelle. 5. Flügelzelle. 6. Rudiment.

B. Schichtung des Epithels.

I. Basalschicht. II. Mittlere Schicht. III. Oberste Schicht.

Die Zelltypen der tieferen Schichten sind entsprechend der Zeichnung *A* mit Nummern versehen; in der Schicht II kommen die mit Dellen (Facetten) und Finger- oder flügelförmigen Fortsätzen versehenen Zellen vor; in der Schicht III die abgeplatteten Zellen.

Es kann nun wohl kaum zweifelhaft sein, daß die in regem Wachstum begriffene Zelle einen höheren Grad der Eigenspannung besitzt, als die schon mehr erwachsene, wodurch Bilder zu Tage treten, die durch obige Skizze veranschaulicht werden.

Wie schon anfangs erwähnt, sind die Grundsubstanzen der Epidermis, wie auch deren Anhangsgebilde, Hornstoffe oder Keratine. Ihr gemeinschaftlicher Charakter besteht in ihrer Unlöslichkeit in Wasser, Alkohol, Äther, verdünnten Säuren, ferner bei der Verdauung durch künstlichen Magensaft und Bauchspeichel; in den letzteren werden sie nicht gelöst.

Als Zusammensetzung dieser Keratine fand man Unterschiede bei der chemischen Untersuchung, die sich in nachfolgenden Grenzen bewegen:

C. 50,3—52,5, H. 6,4—7,0, N. 16,2—17,7, O. 20,7—25,0, S. 0,7—5,0 %.

*) Klemensiewicz, Real-Encyklopädie, Bd. 9 S. 151.

Die Schwankungen sind bezüglich des Schwefelgehalts am beträchtlichsten, was zum Teil darauf beruhen mag, daß ein Teil des Schwefels der Keratine beim Kochen mit Wasser als Schwefelwasserstoff entweicht; am leichtesten scheint dies bei dem aus der Epidermis darstellbaren Keratin der Fall zu sein. Auch bei der Enthaarung der Häute mittelst Kalkhydrat oder ätzenden Alkalien wird ein Teil des Schwefels der Epidermis und den Haaren entzogen und haben wir in dem sogenannten alten, mehrmals gebrauchten Äscher nachweisen können, daß dieser sich mit Schwefelverbindungen des Calciums anreichert, die auch die günstige Wirkung des alten Äschers bei dem Enthaarungsprozeß zu erklären geeignet sind.

Ätzlauge in der Kälte macht die Hornstoffe quellen, beim Kochen lösen sich dieselben unter Bildung von Schwefelalkali, Alkalialbuminat, Hemialbumose und Pepton.

In Essigsäure quellen die Hornstoffe viel stärker als in Wasser, in konzentrierter Essigsäure werden sie zuerst gallertartig und gehen beim Kochen vollständig in Lösung. Ausnahme hiervon machen nur die Haare.

Wie schon vorher erwähnt, entwickeln sich die Horngewebe aus den kernhaltigen vollsaftigen Zellen, zumeist des Rete Malpighi, welche in dem Maße, als sie an die Oberfläche vorrücken, trockener werden, ihre Fülle und Rundung verlieren, in kernlose Schüppchen übergehen, die mit den Nachbarzellen zu einer Hornschicht verschmelzen. Die Zellen verlieren Wasser, schrumpfen, zugleich geht das Eiweiß des Protoplasma in Keratin über, das als Derivat der Eiweißstoffe aus Albuminoid anzusehen ist. Im Durchschnitt sind die Keratine reicher an *N* und *S*, dagegen ärmer an *C* als die Eiweißstoffe. Die nahen Beziehungen der Keratine zu den Eiweißkörpern ergeben sich schon aus den bei Behandlung mit kochenden Säuren und Alkalien entstehenden Zersetzungsprodukten. Über den chemischen Vorgang beim Übergang von Eiweiß in Hornstoff lassen sich höchstens Vermutungen aussprechen; nach Drechsel*) scheint es, als ob dabei ein Teil des Sauerstoffs vom Eiweiß durch *S* ersetzt wird und ein Teil der Amidosäure, das Tyrosin, substituiert wird, ohne daß im wesentlichen die Konstitution des Eiweiß geändert wird.

Lederhaut (Corium).

Die Hauptmasse der Lederhaut besteht aus dem Bindegewebsgerüste. Die Faserbündel desselben sind dicht verfilzt in jenen Teilen, die der Oberhaut direkt anliegen, in den inneren Partien liegen sie weniger dicht und bilden dort jene regelmäßigen, großen rhombischen Maschenräume, von deren Richtung die Spaltbarkeit der Haut abhängig ist. Da der Unterschied im Bau dieser beiden Schichten ein ganz auffallender ist, wenn auch eine scharfe Trennungslinie mit freiem Auge nicht nachzuweisen ist, so unterscheidet man das verfilzte äußere Lager als Pars papillaris (Papillarkörper) von dem inneren Netzwerke, der Pars reticularis.

Die Pars reticularis besteht aus Faserbündeln verschiedener Dicke, welche aus dem subkutanen Gewebe aufsteigend in letzter Linie aus den Fascien, Zwischenmuskelbändern und überhaupt aus den Bindegewebsmassen der benachbarten inneren Körper-

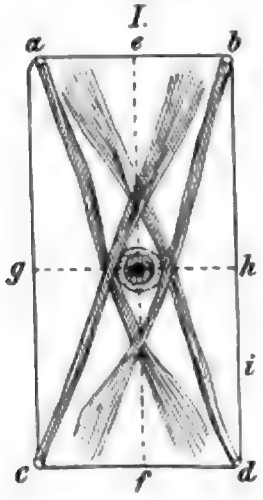
*) Hermanns Handbuch d. Physiol. V. 2 T. pag. 601.

schichten entspringen. Sie steigen anfänglich senkrecht oder geneigt gegen die Hautoberfläche empor, so lange sie im subkutanen Gewebe verlaufen. In der Lederhaut ist ihre Verlaufsrichtung stets eine schräge gegen die Oberfläche geneigte.

Auf diesem Wege durchkreuzen sich die Fasern in verschiedenen Winkeln. Die Maschenräume, welche die Faserbündel zwischen sich lassen, sind allerdings im allgemeinen von rhombischer Form, doch werden deren spitze Winkel fast regelmäßig von in anderen Richtungen verlaufenden Faserzügen abgestumpft, wodurch rhomboide Polygone zustande kommen.

Nachstehende schematische Zeichnung nach Tomsa*) veranschaulicht den Verlauf dieser Faserbündel in dem Pars reticularis.

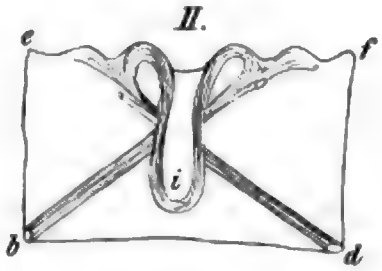
Fig. 3.



I. Flächenansicht.

abcd Hautstückchen, von dessen Ecken die Faserbündel ausgehend gedacht werden,
ef entspricht der Spaltbarkeitsrichtung (natürliche Spannung),
gh ist die Richtung der größten Dehnbarkeit des Hautstückchens,
i Haarbalgquerschnitt.

Fig. 4.



II. Dickendurchschnitt nach Richtung der Spaltbarkeit.

Die Punkte *b*, *d*, *e*, *f* entsprechen den gleichbezeichneten Rücken der Fig. I.

In der Linie *ef* ist der Papillarkörper gezeichnet.
i Haarbalg.

Schema des Verlaufs der Faserbündel in der Pars reticularis der Cutis (nach Tomsa).

Das nähere Eingehen auf den anatomischen Bau ist, wie wir weiter unten bei der Besprechung der gröberen Struktur der Haut und ihrer Spannungsverhältnisse und Zugrichtungen sehen, zum Verständnis unbedingt notwendig und konnte daher hier nicht umgangen werden.

Im ausgeschnittenen Zustande und ungespannt unter dem Mikroskop untersucht, zeigen die Faserbündel die Struktur des fibrillären Bindegewebes. Die Faser-

*) „Beiträge zur Anat. u. Physiol. der menschl. Haut", Archiv für Dermat. u. Syphilis. I. 1873 i. Ausz. Real-Encyklopädie d. ges. Heilk. Bd. 9. S. 142.

Digitized by Google

bündel haben dabei einen sanft geschlängelten Verlauf. Im natürlichen Zustande der Spannung wird dieser Verlauf ein geradliniger. Chemische Agentien charakterisieren die Hauptmasse der Faserbündel als collagene Substanz.

Die feste Verbindung der Fasern zu Bündeln wird durch die Anwesenheit einer Kittsubstanz bedingt, welche beim Einlegen der Faserbündel in Kalk- oder Barytwasser zum Teil in die Mazerationsflüssigkeit übergeht. Dadurch wird eine Zerspaltung der Bündel in einzelne kleinere Faserbündel und isolierte Fibrillen möglich. Die Kittsubstanz, welche aus dem Kalkwasser gewonnen werden kann, ist in ihren Eigenschaften dem Mucin ähnlich. (Bollet.)*)

Die Maschen, welche von den Faserbündeln gebildet werden, enthalten diese Kittsubstanz, auch Coriin genannt, welche durch regelmäßige Anordnungen der Faser in der Haut in regelmäßige Abteilungen zerfällt. Bei der Inanspruchnahme der Haut durch Zug und Druck erleiden in erster Linie die Maschen des Netzwerkes eine Formveränderung. Das Netzwerk wird hierbei als Ganzes in Anspruch genommen und die dabei sich ergebenden Formveränderungen der Maschenweite werden durch die vorstehende Figur veranschaulicht. Die Wiederherstellung nach Aufhören des Zuges oder Druckes in die frühere Gestalt des Netzwerkes wird durch die Zwischensubstanz des Netzwerkes bewirkt, welch letzterem also die elastischen Eigenschaften der ungegerbten Haut hauptsächlich zuzuschreiben sind. Da sich, wie vorher erwähnt, diese Kittsubstanz in Kalk löst, so wird bei dem Enthaarungsprozeß der Häute ein Teil, nicht wie Rollet annimmt, die ganze Epidermis entfernt.

Wird diese Entfernung durch zu langes Kalken zu weit getrieben, so ist das später aus der Haut hergestellte Leder, wie der technische Ausdruck lautet, leer und hat geringere Zugfestigkeit.

Die Kittsubstanz der Haut bildet nicht allein das Bindemittel der Fibrillen, innerhalb der Faserbündel, sondern sie umgibt auch, wie wir oben ausführten, nach außen die Fibrillenbündel, so daß diese, wie Flemming ausführt, wie von einer schwach konturierten Masse gleichsam in eine Wolke eingehüllt erscheinen. Neben diesen Fibrillen umhüllt diese Kittsubstanz gleichzeitig die weiter unten zu besprechenden elastischen Fasern.

Auf den Bindegewebsfasern liegen noch Bindegewebszellen mit Kernen. Das Verhalten der Bindegewebsfibrillen zu den zelligen Elementen und zur Kittsubstanz, sowie das Verhalten der letzteren zu den beiden ersteren gehört zu den schwierigsten Fragen der Gewebslehre und kann hier nicht weiter erörtert werden.

Die oben besprochenen Elemente, Bindegewebsfibrillen, Bindegewebszellen und Kittsubstanz gehören zu den kollagenen oder Leimsubstanzen, die beim Kochen in Wasser in Leim oder Glutin verwandelt werden, welcher sich in Wasser löst.

Die einfachste Untersuchungsmethode, das Zerzupfen mit Nadeln, läßt das fibrilläre Bindegewebe in Bündel und Fasern von sehr wechselnder Breite und Dicke zerfallen.

---

*) „Über die Eiweißkörper des Bindegewebes". Sitzungsber. der k. Akad. d. W. XXXIX Wien.

Digitized by Google

Außer auf mechanischem lassen sich die Fibrillen auch auf chemischem Wege, wie schon vorher erwähnt, isolieren. Am besten eignen sich hierzu Kalk- oder Barytwasser, ferner übermangansaures Kali und dergl. Diese Mittel lösen die zwischen den Fibrillen befindliche Kittsubstanz auf, welche wesentlich aus eiweißartigen Stoffen besteht.

Die Fibrillen und Bündel schnellen in kochendem Wasser plötzlich zusammen, werden dabei dicker und viel zarter konturiert als im frischen Zustande. Die Längsstreifung der Bündel verschwindet, das Ganze wird zu einer scheinbar homogenen Masse, aus der jetzt Einlagerungen, welche im frischen Gewebe wenig oder gar nicht zu sehen waren, deutlich hervortreten.

Schließlich lösen sich die Bündel in Leim auf. Diese Umwandlung kann man bei Behandlung mit verdünnten Säuren schon bei 40° C. erzielen. Gewöhnlich nimmt man hierzu Essigsäure, auch Salz- oder Salpetersäure von 0,1 % oder Pflanzensäuren.

Alle diese Säuren bewirken zunächst eine Quellung der Fibrillen, das Verschwinden ihrer Konturen und somit das Hervortreten anderweitiger Gewebselemente aus der homogen gewordenen Grundlage.

Die elastischen Fasern, welche sowohl im retikulären wie auch im papillären Teil der Lederhaut vorhanden sind, umspinnen zum Teil die Fasern der Fibrillenbündel ringförmig oder in Spiralen, zum Teil laufen sie neben denselben, besonders als gröbere Fasern öfters die Spalten zwischen den Bündeln kollagener Substanz ausfüllend.

Die große Menge dieses Gewebes und dessen innige Beziehung zum kollagenen Fasergerüste und den Maschenräumen desselben, sowie zu der überall in der Kutis vorhandenen Kittsubstanz, lassen die Vorstellung nach Tomsa als vollständig gerechtfertigt erscheinen, daß der eigentliche Ansatzpunkt für die Zugwirkung der schrägen Kutisspanner das elastische Gewebe ist.

Elastische Fasern zeichnen sich vor Bindegewebsfibrillen durch ihre größere Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien aus. Bei Behandlung mit solchen verändern sich die Bindegewebsfibrillen schnell, während die elastischen Teile aus der scheinbar homogenen Masse deutlich hervortreten.

Die elastischen Fasern sind sehr fein, stärker, unverästelt, verästelt und anastomisierend im Übergange zur Maschen- oder Netzbildung begriffen. Durch Behandlung mit Äther, Alkohol, Wasser, konzentrierter Essigsäure und verdünnter Kalilauge, ferner durch sukzessive Behandlung mit Wasser, Salzsäure und dann abermals mit Wasser erhält man das sogenannte Elastin, dasselbe ist eine spröde, amorphe gelbliche Masse, in Wasser aufquellend, aber darin nicht löslich, ebenso in verdünntem Ammoniakliquor und in Essigsäure. In Wasser völlig unlöslich, gibt sie damit gekocht keinen Leim. In konzentrierter Kalilauge löst sie sich mit brauner Farbe, die Lösung mit Schwefelsäure neutralisiert und abgedampft, gelatiniert nicht und wird durch Säuren mit Ausnahme der Gerbsäure nicht gefällt.

Nach Schwalbe*) erleiden die Fasern bei einer Behandlung mit $^1/_{20}$—$^1/_{30}$ % Chromsäurelösung eine Zerklüftung mit einer Einlagerung von Wasserteilchen.

*) Zeitschrift f. Anat. u. Entwickelungsgeschichte II. pag. 236 ff. 1876.

In inniger Beziehung zu dem elastischen Gewebe tritt noch in dem Gerüst der Haut fast an allen Teilen ein reiches Netzwerk von glatten Muskelfasern auf. Die Muskelbündel sind in die eigentliche Kutis eingelagert und zeigen einen zur lokalen Spaltbarkeit der Haut senkrechten Verlauf.

Da sie ähnlich wie die Haut als Überzug gewisser Körperstellen auftreten, so ist ihre Zugrichtung parallel zur Hautoberfläche.

Eine weitere Art von Hautmuskeln sind die Arrektores der Haare. Sie sind zwischen dem Papillarteile der Kutis und einem Teile der Haarbälge ausgespannt.

In dem retikulären wie in dem papillären Teil der Lederhaut kommen noch Nervenfaser, Blutgefäße, Drüsen (Schweiß- und Talgdrüsen) auch Lymphgefäße vor, die für den vorliegenden Zweck jedoch ohne jegliches Interesse sind.

Papillärkörper der Lederhaut (Pars papillaris cutis). Er besteht aus einem dichten Filze von Fasern, welche unmittelbar aus dem Netze der kollagenen Substanz der Pars reticularis cutis hervorgehen.

Entsprechend den vielverschlungenen Anordnungen des Fasergerüstes ist eine bestimmte Spaltbarkeit im Papillarkörper nicht vorhanden. Das verfilzte Lager der kollagenen Substanz im Papillarkörper ist sehr reich an elastischen Fasern, welche dort in Form eines dichten Netzes feiner Fäserchen auftreten.

Die äußere Oberfläche des Papillarkörpers ist an der ganzen Oberfläche des Körpers höckerig. Die einzelnen Höcker der Papillen besitzen eine sehr unregelmäßige Form und Größe. Diese sowie deren Anordnungen schwanken nicht nur nach verschiedenen Körperstellen, sondern auch an gleichen Stellen verschiedener Individuen gleichen Alters sehr bedeutend.

Die Höhen der Papillen schwanken in der menschlichen Haut zwischen 0,02 bis 0,08 mm. Die Zahl der Papillen schwankt zwischen 75 und 130 pro qmm.

Die Form wechselt von der kegelförmigen bis zur flachen kuchenförmigen, außerdem unterscheidet man noch die Papillen als einfache oder zusammengesetzte, welche letzteren durch Einkerbung der Kuppe zustande kommen.

Auch mit den Altersperioden wechselt die Größe und Form der Papillen sehr bedeutend.

Bei dem atrophischen Zurückweichen der Epidermis verflachen sie allmählich immer mehr und verschwinden dann vollständig.

Bei der mikroskopischen Beobachtung gespannter Hautstücke sieht man keine Papillen. Auch die Furchen und Falten der Haut verschwinden.

In der Hohlhand und an der Fußsohle stehen die Papillen in Reihen geordnet, wodurch leistenförmig erhabene Stellen der Kutis zustande kommen. Die Trennungsfurchen dieser Leisten sind die Ursache des gerifften Aussehens der äußeren Haut.

An den übrigen Stellen des Körpers, an denen keine solchen Riffe wie an Hohlhand und Fußsohle vorhanden sind, findet man die Papillen zu Gruppen und kürzeren Reihen angeordnet, welche durch tiefere Epidermiseinsenkungen in größere meist rhomboidale Felder abgegrenzt erscheinen. Diese sind auch als solche an der Haut erkenntlich. Ihre größere Diagonale stimmt im allgemeinen mit der lokalen Spalt-

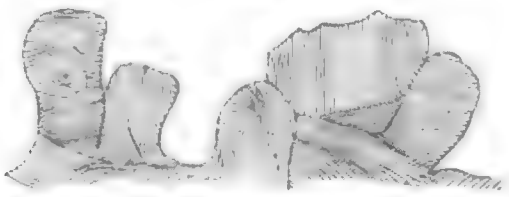
Digitized by Google

barkeit der Haut überein. Die Form der Felder wird durch die Anordnung des Bindegewebsbündels in der Kutis (Pars reticularis) bedingt.

Aus der Form dieser Papillarkörper unter Berücksichtigung ihrer Entstehung bei der Entwickelung der Haut betrachten die heutigen Histologen dieselben nicht als formbeständige Gebilde, sondern als durch die fortwährend wechselnden Spannungsverhältnisse des Kutisnetzes bedingten Veränderungen, welche in den Wachstumsverhältnissen der an der äußeren Grenze des Papillarkörpers aneinander stoßenden Gewebe ihren Grund haben.

Entfernt man, wie wir früher schon erwähnten, die Oberhaut durch Mazeration, so zeigt die Lederhaut mit den freiliegenden Papillarkörpern das durch nachstehende Figur veranschaulichte Aussehen.

Fig. 5.



Von der Oberhaut befreite Coriumoberfläche (durch Mazeration frischer Haut in Citronensäure) n. Unna. Die feinen Riffe sind von der Fläche zu sehen und die Zähnelung an manchen Stellen der Kontur erkenntlich.

Auf die feinere Struktur der Papillen hier näher einzugehen müssen wir uns versagen, erwähnen nur, daß die Oberfläche des Papillarkörpers gerippt und gezähnt erscheint und hierdurch in die Furchen der untersten Epithellagen eingreift. Die Rippen bestehen aus einer homogenen durchsichtigen Substanz, welche als ein äußerst dünner heller Saum den ganzen Papillarkörper überzieht (Basalmembran Ranviers), aber nicht als selbständige Membran darstellbar ist (Kölliker), sondern mit der Zwischenmasse (Kittsubstanz) im Inneren des Papillarkörpers innig zusammenhängt (Unna).

Die vorerwähnte Basalmembran ist wunderbarer Weise von H. R. Proeter, Leiter einer Gerberschule zu Leeds, wie wir weiter unten noch speziell hervorheben werden, mit der Epidermis (speziell der Schleimschicht) verwechselt worden. Bei der Inanspruchnahme der Haut durch Zug und Druck erleiden in erster Linie die Maschenräume des Netzwerks eine Formveränderung.

Bestätigt wird diese Anschauung dadurch, daß nach einer bestimmten Richtung die Dehnbarkeit viel beträchtlicher ist als nach einer darauf senkrechten.

Die erstere stimmt im allgemeinen mit der Lage der kleineren Achse der rhombischen Maschenräume überein. Wie vorher bemerkt, verschwinden bei Zug oder Druck die Papillarkörper und die wellige Überlagerung der Epidermis glättet sich. Daraus erklärt sich auch, daß die Haut eine große Dehnbarkeit und Elastizität besitzt. Diese Dehnbarkeit ist nicht auf die bedeutende Elastizität der Fasern selbst, sondern wie oben ausgeführt, auf die Verschiebung des Netzwerkes zurückzuführen.

Die Wiederherstellung der früheren Gestalt des Netzwerkes bewirkt die Zwischensubstanz, der also in erster Linie die elastischen Eigenschaften der Haut zugeschrieben werden müssen. Durch den Gerbprozeß wird die Kittsubstanz so verändert, daß ihr diese elastischen Eigenschaften nicht mehr zukommen.

Bei der Besprechung der Theorie der Lederbildung werden wir weiter darauf zurückkommen.

Die Maschenräume zwischen den Faserbündeln sind von verschiedener Weite und Gestalt, an manchen Stellen so eng und so sehr in die Länge gezogen, daß ein anscheinend paralleler Faserverlauf zustande kommt. Gliedmaßen und Rumpf werden teils in gürtelförmigen teils in spiraligen Touren von solchen Faserbündeln der Haut umzogen.

Wird am Kadaver an solchen Stellen eine spulrunde Ahle in die Haut eingestoßen, so zeigt die Wunde die Form einer linearen Spalte. Nicht an allen Orten entstehen solche linearen Spalten. Es gibt Stellen der Haut, an welchen Rißwunden von meist dreieckiger, selten viereckiger Gestalt auftreten. Die dreieckigen Stichwunden sind sehr regelmäßig, oft pfeilförmig und liegen meist an den Grenzen jener Hautpartien, welche sich durch eine regelmäßige Spaltbildung auszeichnen. Die regelmäßigen Stichspalten sowohl, als auch die dreieckigen Wunden sind an bestimmte Bezirke der Hautoberfläche gebunden.

Langer hat auf diese Weise eine einer Tätowierung ähnliche Zeichnung zustande gebracht, deren Form eine sehr auffallende Regelmäßigkeit zeigt und innerhalb gewisser Grenzen auf Allgemeingültigkeit Anspruch hat.

Die umstehende Figur veranschaulicht die Spaltbarkeitsverhältnisse an den verschiedenen Stellen des menschlichen Körpers. Da der anatomische Bau der Haut der Säugetiere demjenigen der menschlichen Haut im wesentlichen gleich ist und ähnliche Untersuchungen wie diejenige Langers über die tierische Haut noch nicht gemacht sind, so schien uns die Wiedergabe dieser Skizze von größter Wichtigkeit, um die Festigkeit und Zerreißbarkeit der Haut zu veranschaulichen.

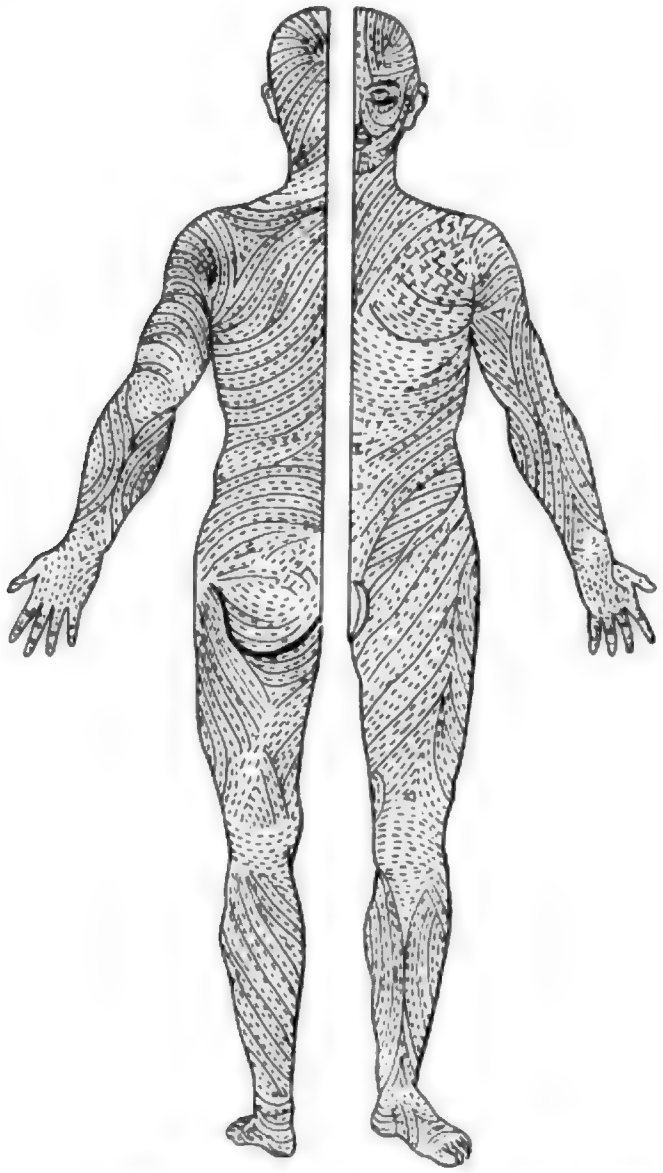
Bei der gegerbten Haut, die ihre Elastizität verglichen mit der ungegerbten Haut größtenteils eingebüßt hat, kommt die Spaltbarkeit noch insofern zur Geltung, 1. daß beim Einschnitt in die Haut das leichtere oder schwerere Einreißen, 2. die Dehnbarkeit, 3. die Zugfestigkeit davon bedingt wird, und muß daher bei der Verarbeitung und Prüfung des Leders auf diese Tatsache Rücksicht genommen werden. Wir kommen später bei der Besprechung der Festigkeit des Chromleders auf diese wichtige Tatsache noch zurück.

Die Faserzüge laufen quer oder schräg über die Gelenke und ergibt sich hieraus, daß bei Beugung und Streckung der Gelenke niemals direkt die Spannung von Faserzügen zu überwinden ist, weil ja die Dehnbarkeit der Haut senkrecht auf den Verlauf der Faserzüge die größte ist. Es kommt dabei zu einer Erweiterung oder Verengerung der rhomboidalen Maschen des Netzwerkes der Haut.

Wird eine bestimmte Hautpartie durch Muskelzug in ein und derselben Richtung häufig bewegt, so treten innerhalb des Fasergerüstes an solchen Stellen

dauernde Umlagerungen, die als Falten oder Runzeln sehr häufig an Hals, Stirne usw. beobachtet werden.

Fig. 6.



Darstellung der Spaltbarkeitsverhältnisse der Haut an den verschiedenen Körperstellen (nach Langer).

Rechts vordere, links hintere Körperansicht.

Die Liniensysteme stellen die Spaltungsrichtungen dar.

Die kurzen Striche deuten die Richtung an, in welcher die durch eine spulrunde Ahle erzeugten Hautwunden ausgezogen erscheinen. An Stellen unregelmäßiger Spaltbarkeit sind Dreiecke oder sich durchkreuzende Liniensysteme gezeichnet.

Digitized by Google

Die Abmagerungsfalten, welche durch Schwund des Fettpolsters entstehen, sind ebenfalls auf Umlagerung zurückzuführen. —

Die Vorbereitung der Häute für den Gerbprozeß, die in der Gerberei unter dem Namen Wasserarbeiten zusammengefaßt werden, erstrecken sich

1. auf das Einweichen,
2. auf das Enthaaren,
3. auf das Reinigen und Beizen.

Für die Darstellung eines guten Leders ist die richtige Ausführung vorstehender Operationen Grundbedingung. Werden beispielsweise trockene Häute verarbeitet, so ist es von Wichtigkeit, daß sie den nötigen Grad von Weichheit haben, ehe sie dem Enthaarungsprozeß unterworfen werden. Ungenügend geweichte Häute liefern niemals ein brauchbares Leder.

Wird das Einweichen zu weit getrieben, so kann durch Fäulnis oder andere Zersetzungserscheinungen die Festigkeit des Leders ganz bedeutend verringert werden.

Der Enthaarungsprozeß, der gleichzeitig mit einem Schwellungsprozeß vor sich geht, bezweckt eine Lockerung des Zellgewebes, in welchem die Haarwurzeln gebettet sind. Wird der Enthaarungsprozeß mit Alkalien, Kalk oder Schwefelnatrium bewirkt, so wird gleichzeitig ein Teil der Kittsubstanz entfernt, denn wie wir früher schon hervorgehoben haben, löst sich diese Zwischen- oder Kittsubstanz in Kalk- oder Barytwasser.

Es würde für unseren Zweck zu weit führen, wenn wir die verschiedenen Methoden des Enthaarens und die dabei auftretenden chemischen Vorgänge hier erörtern wollten.

Wir wollen nur zunächst erwähnen, daß für die Chromgerbung hauptsächlich das Enthaaren mittels Kalk, zuweilen unter etwas Zusatz von Schwefelarsen, seltener die Enthaarung mit Schwefelnatrium bewirkt wird.

Sind die Haare genügend gelockert, so werden mit dem Schabeisen, in neuerer Zeit mit geeigneten Enthaarungsmaschinen, die Haare sowie die verhornte Epidermis (Stratum corneum) entfernt.

Diese, jedem intelligenten Gerber, der auch keine histologischen Kenntnisse von dem Bau der Haut besitzt, bekannte Tatsache wird zu unserm größten Erstaunen in einigen neueren Publikationen*) ganz irrtümlich dargestellt, und zwar wird dort gesagt, daß bei dem Enthaarungsprozeß nicht allein die Hornschicht, sondern vor allem auch die Schleimschicht der Epidermis (Stratum mucosum) mit entfernt werde.

Wir zitieren wörtlich einige Stellen aus den in Fußnote angeführten Büchern, die diese grobe irrtümliche Auffassungsweise darlegen.

Praxis und Theorie der Ledererzeugung schreibt Jettmar unter Anlehnung an das Proeter Pässlersche Werk, nachdem vorher der Bau der Oberhaut geschildert:

---

*) Jos. Jettmar, Handbuch d. Chromgerberei, Leipzig 1900. Jos. Jettmar, Praxis u. Theorie d. Ledererzeugung, Berlin 1901 (Springer). Proeter Pässler, Leitfaden. Cantor, Lectures on Leather Manufacture (London E. C., W. Trounée. In deutscher Übersetzung von Ing. J. Jettmar (im Ledermarkt) Frankfurt a. M.

„Durch die verschiedenen in der Gerberei üblichen Enthaarungsprozesse, so durch das Schwitzen, Äschern und Anschwäden, wird selbstverständlich zuerst die weichste Schicht der Haut angegriffen, und das ist gerade die Schleimschicht, welche durch jene Prozesse ziemlich leicht zerstört wird. Dadurch wird der Zusammenhang der Oberhaut mit der Lederhaut zerstört und beim Abhaaren geht die Oberhaut mit dem Haare weg. Die Oberhaut kann aber auch durch andere Mittel von der Lederschicht, abgetrennt werden, so durch Versengen, Verbrühen, und in der Medizin durch verschiedene Blasenpulver.

Die Lederhaut ist jene Hautschicht, die allein zu Leder verarbeitet wird usw.“

Im selbigen Werk auf Seite 10 und 11, nachdem eine kurze Schilderung der Lederhaut vorausgegangen ist, folgt folgender Passus:

„Die oberste Schicht der Lederhaut ist die sogenannte Narbenschicht, deren obere Fläche später die bekannte Narbe des Leders bildet usw.“

Seite 11: „Die oberste Schicht der Narbe bildet eine fast ideal feine, äußerst dünne glasige, hyaline Schicht, welche den natürlichen Glanz der Narbe am fertigen Leder verursacht und leicht durch irgend einen stärkeren Eingriff beschädigt werden kann, wodurch auch selbstverständlich der Narbenglanz selbst Schaden leidet. Bei den schwarzen, matten Ledersorten, dem sogenannten Satinleder, wird diese Schicht absichtlich beseitigt (abgebufft), um den stärkeren Narbenglanz zu beseitigen.

Diese hyaline Schicht besitzt nur eine geringe Widerstandsfähigkeit, aber gar keine Elastizität; die Narbe bricht plötzlich ohne jede noch so kleine Anspannung usw.“

Eine weitere Stelle findet sich im Leitfaden für gerbereichemische Untersuchungen*), die wir hier anführen:

„Der Epidermis, welche im Vergleich zur eigentlichen Haut sehr dünn ist und welche bei den Vorarbeiten der Gerberei vollständig entfernt wird, kommen sehr wichtige Funktionen zu.“

Bei der Erklärung der Wirkung des Kalkäschers auf die Häute führt Jettmar folgendes an:**)

„Diese kombinierte Tätigkeit der Fäulnisorganismen und des Kalks wirkt nach H. R. Proeter in der Weise ein, daß sie zunächst die Schleimschicht zersetzen und sie zuerst in eine lösliche Form, welche mit Peptonen oder ähnlichen Verbindungen identisch ist und dann fortschreitend in einfachere Produkte überführen, bis man weiter bei Aminen und Amidosäure, zuletzt bei Ammoniak, Kohlensäure und Wasser anlangt.“

Wir würden obige unrichtige Darstellungen übergangen haben, wenn dieselben nicht in mehreren in der neueren Zeit publizierten Büchern, worunter eins***), das für Lehrzwecke bestimmt ist, enthalten wären und wenn nicht dieselben von dem „Professor für Lederindustrie am Yorkshire College“ und dem „Präsidenten des internationalen Vereins der Leder-Industrie-Chemiker“ ausgegangen wären.

*) H. R. Proeter und Dr. J. Pässler 1901. Berlin. S. 256.
**) Handbuch der Chromgerbung, Jettmar. 1900. S. 67.
***) Leitfaden f. gerbereitechnische Untersuchungen v. Proeter und Pässler 1901.

Uns ist unbegreiflich, wie jemand eine Abhandlung über die mikroskopische Struktur der Haut und über das Färben des Leders veröffentlichen kann, der solch unrichtige Angaben wie die oben zitierten in Umlauf setzt.

Theorie der Lederbildung.

Angesichts verschiedener in neuerer Zeit bekannt gewordener Tatsachen und unter besserer Würdigung des histologischen Aufbaues der Haut muß die Knappsche Theorie einer Revision unterworfen werden, und wollen wir versuchen, eine dem Standpunkt des heutigen Wissens gemäße Erklärung der Theorie der Lederbereitung hier aufzustellen.

Im Jahre 1858 veröffentlichte Professor F. Knapp*) umfassende Untersuchungen, die eine vollständige Änderung der älteren Séquinschen Ansicht, nach welcher das Leder eine chemische Verbindung zwischen Leimsubstanz und Gerbsäure sei, hervorriefen.

Er begründete seine Ansicht, daß das Leder keine chemische Verbindung von Gerbstoff und leimgebenden Geweben sei, in folgender Weise:

1. daß andere leimgebende Gewebe bei gleicher Behandlung mit Gerbstoffen kein Leder ergeben;
2. daß die verschiedensten Körper eine Überführung der Haut in Leder bewirken können;
3. daß die histologische Form des Hautgewebes bei der Überführung in Leder unverändert bleibt, während sie in der Regel verschwindet, wenn chemische Verbindungen mit anderen Körpern stattfinden;
4. die chemischen Eigenschaften des auf der Haut niedergeschlagenen Körpers sind dieselben wie im ungebundenen Zustande;
5. die Quantität der auf der Faser niedergeschlagenen Stoffe geht nicht nach stöchiometrischen Verhältnissen vor sich;
6. die Verbindung zwischen Gerbstoff und Hautfaser kann bei manchen Ledern (z. B. bei den weißgaren) schon durch Wasser wieder aufgehoben werden.

Als Beweis für seine Behauptung führt Knapp folgendes an:

Aus Versuchen, die er über die Aufnahme von verschiedenen Gerbstoffen durch die Haut anstellte und die wir hier mitteilen, ergibt sich, daß

„1. die von einem bestimmten Hautquantum aufgenommene Menge von verschiedenen Gerbstoffen sehr variabel ist, und
2. daß die Quantität des aufgenommenen Gerbstoffes abhängig ist von der Konzentration und der Natur des Lösungsmittels;
3. ohne irgend welche fixierende Wirkung der Hautfaser auf die Gerbstoffe, nur durch mechanisches Einwalken von bestimmten Stoffen, z. B. Fetten, die Überführung der Haut in Leder erfolgen kann;

*) Festschrift d. herzogl. techn. Hochschule „Carola Wilhelmina" (Braunschweig 1897).

4. selbst ohne allen Gerbstoff und nur durch Eintauchen in Alkohol und dadurch bewirktes Verdrängen des Wassers aus den Poren der Haut und Verhinderung des Zusammenklebens der Fasern beim Trocknen sich Haut in Leder überführen läßt."

Diesen Standpunkt bezl. der Lederbildung hält Professor Knapp noch fest in der neuesten Zeit, 1897.*)

Dort äußert Knapp sich in folgender Weise:

„Sämtliche Momente der Bildung und des Verhaltens der Leder verweisen den Gerbprozeß aus dem Bereiche der Chemie in das Gebiet der Physik; sie kennzeichnen ihn als Erscheinung der Flächenanziehung, also ganz analog der Entstehung dessen, was man gemeinhin als Flecken auf Webstoffen, Papier usw. nennt, er ähnelt in vielen Fällen aber auch manchen technischen Prozessen. Unter diesen in erster Linie der Färberei, ja man kann die Gerberei im Prinzip als einen nur dem Zweck nach verschiedenen Fall der Färberei bezeichnen."

Im weiteren führt Knapp noch aus, daß das Aufquellungsvermögen der Haut in Wasser durch Überziehung der Hautfaser mit dem Gerbstoff verhindert wird, die Zwischensubstanz soll niedergeschlagen werden und die Fasern einhüllen, so daß beim Trocknen das Zusammenkleben der Fasern verhindert wird, und sich keine hornige Masse mehr bildet. Die die Faser überziehende gerbende Substanz, „die durch den Bann der Flächenanziehung gegen ihre Natur unlöslich sein soll", soll gleichzeitig ein lückenloser Schutz gegen die in der Luft vorhandenen Fäulniskeime und andere Mikroorganismen bilden.

Knapp definiert das Leder als „Haut, bei welcher durch irgend ein Mittel das Zusammenkleben der Fasern beim Trocknen verhindert worden ist".

Bei den einzelnen Gerbmitteln (Lohe) sind die Fasern schon isoliert und das Leder gleich nach dem Trocknen geschmeidig; bei anderen (Alaun) muß dieser Zustand durch Ziehen und Dehnen (Stollen) hervorgebracht werden.

Die Kraft der Haut, Substanzen auf ihrer Oberfläche zu fixieren, beruht auf Flächenattraktion; sie ist verschieden je nach der Natur des Stoffes.

Gegen die Ansicht von Knapp machten einzelne Theoretiker wie Professor Müntz und Dr. Schön Einwendungen, sie stellten die Behauptung auf, daß das Leder eine Verbindung der Hautsubstanz mit Gerbstoff sei und führten zum Beweis ihrer Behauptungen das Verhalten des lohgaren Leders gegen neutrale Lösungsmittel, z. B. Wasser, an, welches dem Leder den aufgenommenen Gerbstoff nicht wieder vollständig entzieht. Als weiteren Beweis für ihre Ansicht führten sie das gleichbleibende Verhältnis des durch eine gleiche Quantität Haut aufgesaugten Gerbstoffes an.

Auch von Professor von Schröder und A. Bartel**) wird die letztere Ansicht angenommen und durch Analysen verschiedener Ledersorten bewiesen.

Die Unterschiede, die sich bei dem Gerben verschiedener Art Hautblößen bezüglich Gewichtsrendement an Leder ergeben, führen dieselben einesteils auf den

*) Natur und Wesen des Leders, München 1858. Dingl. polytechn. Journ. Bd. 149, 305 u. 378.
**) Jettmar, Praxis und Theorie der Leder-Erzeugung. S. 381.

Digitized by Google

Wassergehalt der Blößen, anderenteils auf eine mehr oder minder vollständige Durchgerbung zurück.

Bei gleicher Durchgerbung soll ein und dieselbe Menge Hautsubstanz bei sämtlichen Ledersorten fast die gleiche Menge Leder ergeben.

Betrachten wir die Eingangs angeführten Tatsachen, die Knapp für Begründung seiner Ansicht, daß das Leder keine chemische Verbindung zwischen Gerbstoff und Hautsubstanz sei, anführt, so lassen sich dagegen Einwendungen machen:

ad 1. „Andere leimgebende Stoffe sollen bei Behandlung kein Leder erzeugen."

Wenn man diese Behauptung nur so auffaßt, daß kein brauchbares Leder daraus hergestellt werden kann, so mag das richtig sein, aber nicht, wenn man gleichzeitig sagen will, daß andere fibrilläre Bindegewebssubstanzen keine Verbindungen mit Gerbstoffen geben, wie dies bei der Hautfaser der Fall ist.

Verschiedene seröse Häute wie z. B. der Herzbeutel (die häutige Umhüllung des Herzens, Pericardium) lassen sich mit Gerbstoffen behandeln, in lederartige Verbindungen überführen, die aber durch ihre lose Beschaffenheit kein an Stelle des Leders verwendbares Produkt ergeben, und man hat auch in der Tat versucht, diese serösen Häute als Ersatz für manche Lederarten, wenn auch ohne praktischen Erfolg, zu verwenden.

ad 2. „Daß die verschiedensten Stoffe die Haut in Leder überführen können."

Mit den verschiedenartigsten Stoffen läßt sich die Haut allerdings in Leder überführen, dabei ergeben sich, je nach der Natur des angewendeten Gerbstoffes die verschiedenartigsten Produkte, die in ihrem Verhalten gegen chemische Agentien, sowie in ihrem physikalischen Verhalten untereinander ganz erheblich abweichen; während einige davon schon beim Einlegen in Wasser einen Teil ihres Gerbstoffes verlieren, z. B. das alaungare Leder, zeigen andere, wie das chromgare Leder, daß sie selbst bei längerem Kochen in Wasser unverändert bleiben und keinen Gerbstoff verlieren.

Die Zugfestigkeit des alaungaren Leders und auch diejenige des chromgaren Leders ist, verglichen mit derjenigen des lohgaren Leders, ganz erheblich größer.

Bei einer Probe von gefettetem Alaunleder wurde von Bögh eine Zugfestigkeit von 835 kg bei einer Dehnung von 38 : 25 % konstatiert.

Gutgegerbtes Chromleder zeigte eine Zugfestigkeit von 740 kg bei einer Dehnung von 32,5 %.

Bestes lohgares Riemenleder nach altem System in Gruben ausgegerbt, besaß nach W. Eitner nur eine Zugfestigkeit von 283 kg bei 25 % Dehnung.

Ist der Gerbstoff, wie Knapp darlegen will, nur ein durch Flächenanziehung auf die Fasern der Haut bedingter Vorgang, wobei die Bindegewebsfaser selbst weder chemisch noch physikalisch verändert wird, so lassen sich die eben angeführten Tatsachen nicht erklären, denn es ist nicht begreiflich, wie in dem einen Fall, wo Tonerde oder Chromsalze oder im anderen Fall, wo vegetabilische Gerbstoffe auf die Hautfaser niedergeschlagen werden, so bedeutende Veränderungen in der Zugfestigkeit auftreten können.

ad 3. Daß die histologische Form des Hautgewebes bei der Überführung in Leder unverändert bleibt, während sie in der Regel verschwindet, wenn chemische Verbindungen mit anderen Körpern stattfinden.

Digitized by Google

Das Vorstehende scheint auf den ersten Blick eines der besten Argumente für Knapps Ansicht zu sein, bei näherer Prüfung ergibt sich jedoch, daß zwar die „gröbere" Struktur der Haut durch den Gerbprozeß nicht verändert wird, aber damit ist kein Beweis dagegen geliefert, daß bei dem Gerbprozeß chemische Vorgänge eine wichtige Rolle spielen.

Die Haut besteht, wie wir früher nachgewiesen haben, aus zelligen Elementen und umgeformter Zwischensubstanz.

Schon bei dem Enthaarungs- und darauf folgendem Beizprozeß werden durch Auflösung eines Teiles der Kittsubstanz nicht nur die gröberen Faserstränge in feinere gespalten, sondern auch die Hautsubstanzen chemisch verändert. Bei dem späteren Gerbprozeß wird einesteils der Zellinhalt der Epidermiszellen umgewandelt, andererseits die Zwischensubstanz der Haut, welche das ganze Hautgerüste fixiert, aus dem halbflüssigen kolloidalen in einen anderen Zustand übergeführt, bei welchem sie durch Pressen und Drücken ihr aufgenommenes Wasser abgibt.

Niemand, der den mikroskopischen Bau der Haut näher kennt, wird behaupten wollen, daß die feinere Struktur der Haut durch den Gerbprozeß nicht verändert worden ist.

ad 4. Die chemischen Eigenschaften des auf die Haut niedergeschlagenen Körpers sind dieselben wie im ungebundenen Zustande.

Diese Behauptung läßt sich heute, gegenüber den nachfolgenden Tatsachen, nicht mehr aufrecht erhalten.

Durch Behandlung der Hautblöße mit Formaldehyd, Soda oder anderen Salzen, läßt sich ein dem sämischgaren Leder ähnliches Produkt herstellen, bei dem man sich vergeblich bemühen wird, analytisch Formaldehyd nachzuweisen.

Ebenso läßt sich aus sämischgarem Leder, wie Versuche von v. Schröder und Pässler nachgewiesen, nur ein Teil des Öls durch Extraktion mittels Lösungsmitteln entfernen, ohne daß die Weichheit des Leders darunter leidet. Wäre das Öl in einem unveränderten Zustande auf der Hautfaser durch Flächenanziehung niedergeschlagen, so ist gar nicht einzusehen, warum sich nur ein Teil daraus entfernen läßt.

ad 5. Die Quantität der auf der Faser niedergeschlagenen Stoffe geht nicht nach stöchiometrischen Verhältnissen vor sich.

Die Beweiskraft dieses Satzes für die Knappsche Ansicht ist schon erschüttert durch die ad 3 angeführten Tatsachen. Es erstreckt sich die chemische Umänderung, wie dort ausgeführt, nicht auf die Gesamtmasse der Hautsubstanz, sondern nur auf einen Teil derselben und berücksichtigt man ferner, daß es sich bei der Haut nicht um eine einheitliche Substanz, sondern um ein aus verschiedenen Gewebsarten, Epidermis, Lederhaut, Muskeln, Nerven, elastischen Fasern, Blutgefäße usw. aufgebautes Gewebe handelt, dessen Wassergehalt schwankt und deren quantitative Menge je nach der Tierart und dem Alter der Haut mannigfachen Variationen unterworfen ist, so ist von vornherein ausgeschlossen, daß sich stöchiometrische Beziehungen zwischen Gerbstoff und Haut bei der Lederbildung nachweisen lassen werden.

Ein Beispiel, welches erklärend hier angezogen werden kann, um das ad 3 und 5 Gesagte zu illustrieren, wäre folgendes: Legt man ein Silberdrahtnetz einige

Zeit in eine Schwefelkaliumlauge, so wird dadurch ein Teil des Silbers unter Bildung von schwarzem Schwefelsilber verändert. Diese Bildung des Schwefelsilbers ist sicherlich ein chemischer Prozeß. Würde man jedoch einen Teil dieses Drahtnetzes einer Analyse unterwerfen, so würde man ein ganz anderes stöchiometrisches Verhältnis zwischen Silber und Schwefel finden, wie dies bei dem Schwefelsilber der Fall ist, da ja nur ein Teil des Silbers in Schwefelsilber übergeführt ist.

Da die Menge des Schwefelsilbers sich bei längerem Einlegen vermehrt, so würde auch zwischen zwei Drahtnetzen, die verschiedene Zeit eingelegt waren, ein verschiedenes stöchiometrisches Verhältnis zwischen Silber und Schwefel gefunden werden.

ad 6. Die Verbindung zwischen Gerbstoff und Hautfaser kann bei manchen Ledern, z. B. bei dem weißgaren, schon durch Wasser wieder aufgehoben werden.

Durch die Hervorhebung dieser Tatsache setzt sich Knapp mit einer vorher geäußerten Ansicht, die wir hier nochmals zitieren wollen, in Widerspruch:

„Die die Faser überziehende gerbende Substanz, die durch den Bann der Flächenanziehung gegen ihre Natur unlöslich sein soll usw.“

Nach dieser Äußerung müßte man annehmen, daß alle auf der Faser niedergeschlagenen Gerbstoffe durch den Bann der Flächenanziehung unlöslich und nicht auswaschen werden. Knapp gibt aber selbst ein Beispiel, daß sie ausgewaschen werden, aber keine Erklärung, warum dies in dem speziellen Fall geschieht.

Die Auswaschbarkeit des Gerbstoffs aus der Haut ist nach unserer Ansicht kein zwingender Beweis, daß der Gerbstoff nicht chemisch gebunden war; manche chemischen Verbindungen werden durch Behandlung mit vielem Wasser dissoziiert und der lösliche Teil mit dem Wasser entfernt.

Gelingt es auch bei längerer Behandlung mit Wasser einen Teil der Tonerdesalze aus dem alaungaren Leder zu entfernen, so ist es uns doch nicht gelungen, selbst bei mehrtägigem Einlegen in fließendes Wasser alle Alaunsalze zu entfernen und die Haut wieder in den Zustand überzuführen, den sie vor der Gerbung hatte. Beim Chromleder ist, wie schon früher hervorgehoben, eine Entfernung des Gerbstoffes durch Auslaugen mit Wasser nicht zu erreichen. Beim lohgaren wie auch beim sämischgaren Leder kann durch entsprechende Behandlung ebenfalls nur ein Teil des Gerbstoffes entfernt werden.

Die Beweise, die Knapp für seine Ansicht anführt, die wir vorher schon angeführt haben, werden durch das Mitgeteilte widerlegt.

Nur ad 3 und 4 sollen noch einige Bemerkungen gemacht werden.

Nach Knapp soll das mechanische Einwalken von Fetten, Ölen, ein Beweis sein, daß der Gerbprozeß ein chemischer Vorgang ist. Knapp hat hier wohl die Erzeugung des sämischgaren Leders im Auge, die aber durchaus nicht, wie neuere Tatsachen beweisen, nur auf dem mechanischen Einwalken von Ölen oder Fetten beruht. Zunächst eignen sich für die Herstellung der sämischgaren Leder nur die Trane und von diesen wieder ganz spezielle Sorten; mit gewissen Ölen, wie Rüböl oder dergleichen läßt sich selbst bei noch so langem Einwalken kein sämischgares Leder erzeugen. Bei diesem Lederbildungsprozeß muß als wichtiges Moment eine Fermentationserscheinung heran-

gezogen werden, bei welcher die Neutralfette gespalten werden in Glycerin- und Fettsäuren und ersteres wahrscheinlich in Aërolein zerlegt wird, das eine gleiche Einwirkung wie Formaldehyd auf die Hautfaser hat, was wir schon vorher erwähnt haben. Dazu daß selbst ohne allen Gerbstoff nur durch Eintauchen in Alkohol und Verdrängung des Wassers aus den Poren der Haut, die Haut sich in Leder überführen läßt, sei noch bemerkt, daß wir, wie wir weiter unten noch anführen, diesen Vorgang nicht als einen Gerbprozeß, sondern als ein Härtungsverfahren auffassen.

Zur weiteren Erklärung des Gerbstoffes zieht noch Professor Knapp die Färberei als Beispiel heran. Er betrachtet die Gerberei als einen speziellen Fall des Prozesses der Färberei, und die Verschiedenheit, mit welcher bei Loh- und Weißgerberei der Gerbstoff von der Haut zurückgehalten wird, ist vergleichbar mit den echten und unechten Farben bei der Färberei.

Im allgemeinen sei zunächst hier bemerkt, daß seit zirka 12 Jahren sich eine Anzahl Theoretiker, die sich mit der Färberei befassen, durchaus nicht damit einverstanden erklären, den Färbprozeß auf Flächenanziehen, also auf einem physikalischen Vorgang beruhend, zu betrachten.

Es haben sich im Laufe der Zeit 3 Theorien entwickelt:

1. Die rein mechanisch-physikalische, die den Färbprozeß auf Flächen beruhend betrachtet.
2. Die Wittsche Theorie, die sogenannte Lösungstheorie.
3. Die chemische Theorie, die als Erklärungsgrund chemische Vorgänge zwischen Faser und Farbstoff annimmt.

Einschaltend sei hier noch erwähnt, daß man zwei wesentlich verschiedene Färbmethoden unterscheidet, nämlich:

1. die sogenannte substantive Färbung, und
2. die adjektive Färbung.

Es sind dies zwei grundsätzlich zu unterscheidende Vorgänge, auf Grund deren sich die Farben auf dem Gewebe in dem einen oder anderen Fall niederschlagen.

In dem einen Fall geht der Farbstoff direkt an das Gewebe und haftet an ihm, so daß er entweder gar nicht oder nur durch bestimmte Mittel wieder entfernt werden kann. Eine solche Färbung nennt man substantive; oder aber der Farbstoff haftet niemals allein auf dem Gewebe, sondern nur durch Vermittlung einer zweiten Substanz, die das Bindeglied herstellt zwischen Gewebe und Farbe. Hier spricht man von adjektiver Färbung.

Das adjektive Färben betreffend sind wohl heute die meisten Färbereitheoretiker darüber einig, daß bei dieser Färbmethode chemische Vorgänge zwischen Beize und aufzufärbender Farbe durch Pigmentbildung stattfinden.

Die Färbung der Faser mit solchen Farbstoffen besteht einfach in einer mechanischen Ein- und Auflagerung von Pigmenten in oder auf die Faser, wie aus dem Umstand hervorgeht, daß diese Färbungen ausnahmslos die Erscheinung des Abreibens oder gar Stäubens aufweisen. Weber betrachtet daher Indigo, Anilinschwarz, die auf der Faser direkt erzeugten Azofarben und alle Mordantfärbungen auf Baumwolle als Pigmentfärbungen, genau wie Chromgelb, Berliner Blau oder Eisenchamois.

Digitized by Google

Dagegen herrscht weniger Übereinstimmung, ob beim substantiven Färben ebenfalls chemische Vorgänge zu Grunde liegen.

Witt stellte 1890 eine neue Theorie auf, die sogenannte Theorie der starren Lösung.

Nach dieser Theorie hat man sich den Vorgang der Färbung im festen Gewebe ebenso zu denken, wie in Flüssigkeiten, d. h. in Lösungen.

Nach dem van't Hoffschen Gesetze verhalten sich die Körper in Lösungen wie die Gase im leeren Raum, d. h. sie durchdringen das lösende Substrat vollkommen gleichmäßig und üben nach außen hin denselben Druck aus wie die Gase.

Die Gesetze des Gasdruckes sind auch die Gesetze des Druckes der Lösungen, den man als osmotischen Druck bezeichnet und der zur Geltung kommt, wenn zwei verschieden konzentrierte Lösungen gleicher oder verschiedener Substanzen einander durchdringen sollen.

Witt überträgt diese Gesetze nun auf feste Gewebe und auf Farblösungen in dem Sinne, daß aus der Lösung in die Gewebe die Farbe so lange diffundiert, als eine osmotische Druckdifferenz vorhanden ist.

Bei den basophilen Geweben wird diese Differenz dann ausgeglichen, wenn das Gewebe möglichst viel basische Farbe aufgenommen hat, während bei den oxyphilen Geweben das Gleiche nur für saure Farbstoffe gilt. Läßt man nun auf die Gewebe, in denen sich die Farbe nur in starrer Lösung befindet, eine Flüssigkeit einwirken, bei der sich die Verhältnisse der osmotischen Druckdifferenz anders gestalten, z. B. Alkohol, so wandert die Farbe wieder aus dem Gewebe heraus in diese Flüssigkeit; sie wird also extrahiert. Bei der Wittschen Theorie sind also physikalische Gesetze in Tätigkeit, aber nicht lediglich; der Chemismus der Gewebe spielt eine bedeutende Rolle dabei, da der Ausgleich bei der Lösung der Farben von der chemischen Zusammensetzung der Gewebe abhängt.

A. W. Hofmann*) verwirft die Wittsche Theorie für die Erklärung des Färbprozesses und äußert sich zu dem von Witt zu Gunsten der Lösungstheorie angeführten Parallelismus des Färbprozesses mit dem sogenannten Ausschütteln wässeriger Lösungen durch Äther und dergleichen wie folgt:

„Die Vorgänge bei den Ausschüttelungen oder bei Lösungen überhaupt sind umkehrbare Prozesse, während dies bei den weitaus meisten Färbungen bekanntlich nicht der Fall ist. Die meisten Färbungen können durch Wasser nicht mehr vollständig von der gefärbten Faser abgewaschen werden und wenn man auch die gewaltigste Wassermenge in Anwendung brächte. Die thermodynamischen Gesetze von van't Hoff gelten aber nur für umgekehrte Fälle! Will man daher die etwa vorhandene Analogie zwischen „Lösungen“ und „Färbungen“ feststellen, so darf nicht eine beliebige Färbung, sondern nur ein solcher inversibler Fall zum Vergleich mit den Lösungen herangezogen werden.“

Die gleichen Einwendungen könnte man erheben, wenn die Wittsche Theorie zur Erklärung des Gerbprozesses herangezogen würde.

*) Bericht der deutsch. chemischen Gesellschaft 3. 660.

Digitized by Google

Auf eine eingehendere Besprechung dieser Theorie müssen wir hier verzichten, wollen nur in einer Fußnote ein Beispiel von den zahlreichen Fällen anführen, bei denen sich der Vorgang nicht nach der Wittschen Theorie, sondern nur nach chemischen Aktionen erklären läßt.*)

Die chemische Theorie des Färbens, die namentlich durch die Arbeiten von Knecht und C. O. Weber**) begründet worden ist, nimmt an, daß das Verhalten der verschiedenen Fasern gegen denselben Farbstoff verschieden ist und das Färben derselben Faser mit den Farbstoffen der verschiedenen Klassen Verschiedenheiten aufweist, die in unverkennbarem Zusammenhang mit der chemischen Natur sowohl des Textilmaterials, als auch der verwendeten Farbstoffe stehen. Sie hält es für erwiesen, daß eine gefärbte Sustanz nur dann ein Textilfarbstoff ist, wenn derselbe entweder die Eigenschaft einer Base oder einer Säure hat.

Zur Erläuterung der chemischen Vorgänge beim Färben sei hier nur angeführt das Verhalten der Wolle zu den Farbstoffen der verschiedensten Klassen. Dieselbe ist imstande, sämtliche basischen Farbstoffe unter Abspaltung der in denselben enthaltenen Säuren zu binden und ferner die Farbsäuren der sulfosauren Farbstoffe direkt aufzunehmen, wobei ausnahmslos die erzielten Färbungen die Nuance der Salze bezw. Lacke der betreffenden Farbstoffe aufweisen.

Aus dem Mitgeteilten ergibt sich, daß die Knappsche Theorie des Gerbens durch Heranziehung des Färbprozesses kaum eine Stütze findet, und der Hinweis, daß der Gerbprozeß als ein spezieller Fall der Färberei zu betrachten sei, bringt kein neues Licht über das Wesen der Gerberei.

Ein von uns vor einiger Zeit angestellter Versuch, der darüber Aufschluß geben sollte, ob man mittelst Durchfärben der rohen Haut mit Farbstoffen ein lederartiges Produkt erhalten würde, wie dies nach der Knappschen Auffassung der Fall sein müßte, ergab ein negatives Resultat, obgleich der Farbstoff auf der Faser als Azofarbstoff entwickelt wurde. Zur Ausführung des Versuchs wurden zuerst Hautstücke in eine Sulfanilinsäurelösung längere Zeit eingeweicht, bis sie von der Lösung durchdrungen waren, dann mit salpetriger Säure diazotiert und dann mit einem Entwickler (Kresol) der Farbstoffe entwickelt. Der Querschnitt des Hautstückchens zeigte eine Durchfärbung der ganzen Masse der Hautsubstanz, beim Trocknen wurde sie aber hornartig hart wie rohe Haut. Ein gleicher Versuch mit Casellaschen Diaminazofarben ergab das gleiche Resultat. Daraus ergibt sich, daß die Niederschlagung von Farbstoffen auf

---

*) Wie Heidenhain zeigt, werden Eiweißlösungen von sauren Anilinfarbstoffen gefällt, indem sich gleichzeitig eine Anilinfarbstoff-Eiweißverbindung bildet. Sehr deutlich läßt sich die Tatsache des neugebildeten Eiweißfarbstoffes an der Farbe selbst erkennen. Was die sauren Farbstoffe anlangt, so ist bei einer Anzahl derselben die freie Farbsäure anders gefärbt als ihr Salz. Congorot ist das rote Salz einer blauen Farbsäure (Amidoazosulfosäure). Macht man nun in einer wässerigen rotgefärbten Congorotlösung durch Essigsäure die blaue Farbsäure frei und fügt Serumalbumin, sogar in essigsaurer Lösung, hinzu, so bildet sich ein roter Niederschlag aus der Verbindung der Farbsäure mit dem Albumen; die rote Farbe des Niederschlags zeigt an, daß sich eine salzartige Verbindung aus der blauen Säure mit dem Albumin gebildet hat, ebenso wie beim ursprünglichen Congorot.

**) Färberzeitung 5. 161.

die Faser noch kein Leder erzeugt, wenn nicht andere Bedingungen, die für die Lederbildung notwendig sind, erfüllt werden.

Noch unzulänglicher erweist sich die Theorie, wenn man die Umwandlung der Schleimschicht (Stratum mucosum), welche bekanntlich bei dem Leder die Narbe bildet, von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet.

Wie wir bei der Beschreibung des anatomischen Baues der Haut näher begründet haben, besteht diese auf der Lederhaut aufliegende Schicht nicht aus einem Fasergewebe, wie die darunter liegende Lederhaut, sondern aus einer Anzahl übereinander liegender zylindrischen und polygonalen Zellen, die überall dicht aneinander liegen und eine lückenlose Decke der Lederhaut bilden, nur an denjenigen Stellen, wo Ausgänge von Schweiß, Talgdrüsen und Haare, die in der Lederhaut eingelagert sind, vorkommen, wird die Epidermisdecke durch diese Epidermisgebilde durchbrochen.

Die Zellen dieser Epidermisschicht sind mit Protoplasma gefüllt und leicht der Zersetzung im ungegerbten Zustand ausgesetzt.

Eine Ablagerung von gerbenden Stoffen nur auf die Zellhäute, ohne daß die gerbenden Stoffe gleichzeitig in das Innere drängen und dort chemische Veränderungen des protoplasmatischen Inhaltes bewirken, würde nicht die Erscheinung erklären, daß die Narbe nach der Gerbung ebenso widerstandsfähig ist gegen Zersetzung und Fäulniserscheinungen, wie die umgewandelte Lederhaut.

Will man die Erscheinung erklären, so muß man annehmen, daß durch den Gerbstoff der Inhalt dieser Zellen derartig chemisch verändert wird, daß sie beim Druck leicht ihr Wasser abgeben und beim Trocknen nicht zu einer hornigen Masse erstarren.

Ohne Professor Knapps große Verdienste auch im mindesten verkennen zu wollen, müssen wir doch seine Erklärung der Lederbildung, nachdem eine Reihe von Tatsachen bekannt geworden, die ihm beim Aufstellen der Theorie nicht wohl bekannt waren, als unzulänglich bezeichnen.

Gegenüber Sequin, der das Leder als gerbsauren Leim auffaßte, hat Knapp entschieden Recht, daß er diese Auffassung verwarf. Aber er ging zu weit, wenn er die Vorgänge, welche sich bei der Umwandlung der Haut in Leder vollziehen, nur auf mechanisch-physikalische Ursachen, wie die Flächenattraktion, zurückführen wollte und chemische Wirkungen dabei ganz in Abrede stellte, oder wenigstens als ganz nebensächlich für die Lederbildung erachtete.

Nach unserer Auffassung ist die Lederbildung ohne die Annahme chemischer Veränderungen bei dem Gerbprozeß nicht zu erklären.

Solche chemischen Veränderungen werden hier in Betracht kommen, die die eiweißartigen Körper durch gewisse Stoffe erleiden, wie

1. Härtungserscheinung und
2. die Gerinnung oder Koagulationserscheinung.

Bekanntlich werden bei der Herstellung mikroskopischer Präparate, die leicht der Zersetzung unterliegen, diese einem Härtungsprozeß unterworfen. Man bedient sich hauptsächlich dazu verdünnter Lösungen von Sublimat, Chromsäure, Überosmiumsäure, Pikrinsäure usw. — Durch diese Behandlung erleidet das organische Gewebe

Digitized by Google

keine Strukturveränderung, ist aber gegen eine Zersetzung durch Fäulnis geschützt. Dieser Schutz beruht nicht darauf, daß das Gewebe von einer undurchdringlichen Schicht umgeben ist, sondern daß die eiweißartigen Körper chemisch verändert sind.

Ob in dem einen oder anderen Fall hierbei chemische Bindung des die Färbung bewirkenden Mittels mit den eiweißartigen Stoffen stattfindet, oder ob nur durch das härtende Mittel eine Abspaltung von Wasser stattfindet, wodurch das Gewebe in dem wasserarmen Zustande nicht mehr der Zersetzung unterliegt, läßt sich nicht sagen.

Bei den Gerinnungserscheinungen, durch die die eiweißartigen Körper besonders charakterisiert sind und die auf verschiedene Weise hervorgebracht werden können, wird der gelöste, flüssige oder halbflüssige Eiweißkörper als geronnene Masse ausgeschieden. Diese Ausscheidung kann nur bei gewissen Eiweißkörpern und durch gewisse Substanzen so erfolgen, daß das abgeschiedene Koagulum in keine chemische Verbindung mit dem die Abscheidung bewirkenden Körper tritt.

So wird z. B. Eialbumin aus der wässerigen Lösung durch Schütteln mit Äther koaguliert, ebenso werden bei längerer Einwirkung von Alkohol die meisten Eiweißkörper gefällt, andere werden durch Kochsalz, Salpeter, Magnesiumsulfat, ohne daß diese Stoffe in chemische Verbindung mit den Eiweißsubstanzen treten, als Koagulum abgeschieden.

Bei einer anderen Klasse von Koagulationserscheinungen wird man unzweifelhaft eine chemische Verbindung zwischen dem ausgeschiedenen Koagulum und dem die Abscheidung bewirkenden Körper annehmen müssen, namentlich in solchen Fällen, wo das die Abscheidung bewirkende Agens entweder einen sauren oder basischen Charakter hat. Als Beispiele können hier aufgeführt werden die Fällung der Eiweißkörper mit Gerbsäure, Phosphorwolframsäure, Essigsäure usw.

Auch die Fällungen, welche eine Reihe von Metallsalzen, wie Kupfersalze, Ferrocyankali, Chromsalze, Eisensalze usw. mit eiweißartigen Körpern geben, dürften unter diese Klasse zu zählen sein.

Bei einer dritten Klasse von Koagulationserscheinungen wird die Abscheidung des Eiweißkörpers in der Weise bewirkt, daß der die Lösung bedingende Körper neutralisiert wird. Als Beispiel ist hier die Gerinnung des Kaseins der Milch durch Zusatz von Säuren zu erwähnen. Gewisse organische Säuren, wie z. B. Essig-, Wein- und Zitronensäure bewirken in Albuminlösungen keine Fällung, setzt man jedoch diesen Lösungen Alkalisalze, wie z. B. Chlornatrium, Glaubersalz u. a., in konzentrierter Lösung zu, so scheidet sich das Eiweiß in Flocken aus.

Die Beschaffenheit des abgeschiedenen Eiweißkörpers hinsichtlich größerer und geringerer Dichtigkeit, Zusammenballbarkeit, Klebrigkeit usw. wird nun bestimmt durch die Art und Weise der Abscheidung, ferner durch die Natur des die Abscheidung bewirkenden Körpers und endlich durch den Zustand, in welchem sich der abzuscheidende Eiweißkörper befindet.

Die Eiweißkörper, wie auch die Haut, bilden mit Säuren und Basen chemische Verbindungen. So kann man z. B. mit einem Stück Hautblöße geringe Mengen Säuren, ebenso Alkalien, beide in großer Verdünnung, dem Wasser entziehen.

Zur Erklärung dieser Amphoterreaktion nimmt man an, daß in dem Eiweißkörper wie auch in den Hautsubstanzen eine oder mehrere Amidosäuregruppen enthalten sind.

Suchen wir nun mit Hilfe des vorstehend Gesagten die Lederbildung zu erklären, so nehmen wir an, daß das der Gerbung unterliegende Hautgewebe entweder durch eine Härtung, oder durch einen Gerinnungsprozeß verändert wird, der darin besteht, daß die klebrigen Eigenschaften der Zwischensubstanz (Interzellularsubstanz) sowie der protoplasmatische Inhalt der Epidermiszellen durch Gerinnung oder Härtung beseitigt werden.

Von der chemischen Natur des Gerbmittels wird es in erster Linie abhängen, welche Beschaffenheit das gebildete Leder hat, da, wie wir vorher näher ausgeführt haben, die Beschaffenheit des geronnenen Körpers hinsichtlich Dichte, Zusammenballbarkeit, Klebrigkeit usw., wesentlich durch die Natur des die Gerinnung hervorrufenden Körpers bestimmt wird.

Tritt eine chemische Bindung zwischen dem abgeschiedenen Eiweißkörper und dem abscheidenden Mittel ein, so ist das vorher Gesagte ganz selbstverständlich.

Neben der chemischen Bindung kann außerdem noch durch Flächenattraktion oder durch Mitreißen eine weitere Quantität des die Gerbung bewirkenden Mittels auf der Faser niedergeschlagen werden. Für den eigentlichen Gerbprozeß, in dem obigen Sinne aufgefaßt, wäre diese sekundäre Erscheinung unwesentlich, praktisch könnte sie jedoch von Bedeutung sein.

Die Haut in ungegerbtem Zustande ist, gegen das Licht gehalten, durchscheinend, auch manche Lederarten, wie das pure alaungare Leder, auch durch gewisse Chromsalze gegerbte Leder, ferner die mit Alkohol behandelte Haut, sind immer im nassen Zustande, selbst auch häufig im trocknen Zustande durchscheinend. Zuweilen gehen derartige durchscheinende Lederarten beim Lagern allmählich in undurchscheinende über. Dagegen ist durchgegerbtes lohgares Leder, richtig hergestelltes chromgares Leder, selbst in nassem Zustande gegen das Licht gehalten, nicht mehr durchscheinend.

Wir nehmen zur Erklärung dieser Tatsachen an, daß in dem einen Fall keine Gerinnung der Zwischensubstanz, sowie des Protoplasmas der Epidermiszellen stattgefunden hat und daß hier eine Art Härtungserscheinung vorliegt, während in dem anderen Fall, wo die Haut nicht durchscheinend ist, eine Gerinnung vorliegt, die sich auf die beiden vorher erwähnten Substanzen erstreckt.

Bei manchen Gerbmethoden, besonders bei Gerbung mit Chromsalzen, scheint sich die Wirkung des Gerbstoffes nicht allein auf die Zwischensubstanz und den Inhalt der Epidermiszellen zu erstrecken, sondern auch auf die Bindefaserfibrillen; elastische Faser, Muskelsubstanz werden derartig verändert, daß sie selbst kochendem Wasser widerstehen. Diese Erscheinung zu erklären, speziell welche chemischen Veränderungen dabei vor sich gehen, sind wir nicht in der Lage, da diese Fragen sehr schwer durch Versuche aufgeklärt werden können.

Die Schwierigkeit wird man leicht begreifen, wenn man in Rechnung zieht, daß die Untersuchung des Bindegewebes der Haut, wie wir früher schon erwähnten, zu den schwierigsten Aufgaben der Histologie gehört. Auch in chemischer Hinsicht ist eine ganze Reihe von Tatsachen unaufgeklärt.

Wir erwähnten bei Beschreibung der Lederhaut, daß das Bindegewebe von der Kittsubstanz der Haut nicht nur die Fibrillen innerhalb der Faserbündel umhüllt, sondern es umgibt auch nach außen hin die Fibrillenbündel, so daß diese wie von einer schwachen konturierten Masse umhüllt erscheinen.

Nach Tomsa*) soll man sich dies so vorstellen, daß die homogene, glasartige, durchsichtige Kittsubstanz sowohl das kollagene Gerüst, als auch die elastische Faser und den übrigen Hautinhalt fixiert.

Ist die Haut vollkommen durchgegerbt, so kann man leicht mit einer guten Lupe die einzelnen Faserbündel und auch deren Verlauf verfolgen. Diese gröberen sichtbaren Fasern sind wieder aus einer großen Anzahl Gewebsfaserfibrillen zusammengesetzt.

Wie anatomisch schwer die Grenze festzustellen ist zwischen Kittsubstanz und Fibrillen, so ist es chemisch auch noch nicht aufgeklärt, ob ein wesentlicher Unterschied zwischen Kittsubstanz und Bindegewebsfibrillen vorhanden ist.

Rollet**) und auch Reimer***) nehmen an, daß dieselben chemisch verschieden sind, ohne überzeugende Beweise zu erbringen und zwar soll die Kittsubstanz im Gegensatz zu der Fibrillensubstanz in Kalkwasser löslich sein.

Von anderer Seite hat man bestritten, daß ein chemischer Unterschied vorhanden sei, weil man durch fortgesetzte Behandlung mit Wasser aus dem Hautgewebe, wenn dasselbe vorher auch noch so sorgfältig ausgewaschen war, immer wieder von neuem lösliche Stoffe entziehen konnte.

Wenden wir unsere Erklärungsmethode auf die verschiedenen Typen der Lederbereitung an, von denen wir fünf Klassen unterscheiden wollen, und zwar:

1. Gerbung mit Kochsalz und Säuren.
2. Chromgerbung.
3. Lohgerbung.
4. Sämisch- oder Fettgerbung.
5. Formaldehydleder.

„Die Alaungerbung kann als Zwischenglied der 1. und 2. Gerbungsart“ gelten, so wird man sehen, daß sich die Unterschiede, welche diese verschiedenen Lederarten zeigen, an der Hand dieser Theorie erklären lassen.

Das mittelst Kochsalz hergestellte Leder zeigt als charakteristische Eigenschaft, daß die Gare bei längerem Einweichen in Wasser wieder aufgehoben wird. Die Gerbung wird in der Weise bewirkt, daß man die Häute in eine Kochsalzlösung, der etwas Schwefelsäure zugesetzt ist, einlegt oder einige Zeit darin walkt. Nach dem Trocknen der Häute werden dieselben gestollt und dann nochmals in ein Bad von Thiosulfat — um freie Säure zu neutralisieren — kurze Zeit eingelegt. Bei der Herstellung von Rauchwaren treten an Stelle der Schwefelsäure organische Säuren.

Ein ähnliches Verfahren wie diese Kochsalzgerbung stellt das sogenannte Pickeln dar, welches bekanntlich zur Konservierung von für den Versand bestimmter Schaffelle,

*) Beitrag zur Anat. u. Physiol. der menschl. Haut.
**) Wiener akad. Berichte 30, 37, 39, 308 und Dingl. polyt. Journal 149, 298.
***) Dingl. polyt. Journal 205, 143.

früher auch von Kalbfellen, dient. Die sogenannte Pickelbrühe besteht aus einer Kochsalzlösung, der eine bestimmte Menge Schwefelsäure zugesetzt ist. Mit dieser Brühe werden die geäscherten und gebeizten Häute behandelt. In diesem nassen Zustande werden die Häute in Fässer verpackt und können dann Jahre lang, ohne Schaden zu erleiden, aufbewahrt werden. Trocknet man die Häute und stollt sie nachher, so sind sie von dem gewöhnlichen alaungaren Leder nicht zu unterscheiden.

Unter dem Einfluß des Kochsalzes, der unterstützt wird durch die Wirkung der Säuren, wird die Zwischensubstanz und der Inhalt der Epidermiszellen koaguliert. Unentschieden bleibt es, ob dabei eine Verbindung des Kochsalzes mit den ausgefällten Substanzen stattfindet, oder ob diese ohne irgend eine Verbindung einzugehen, ausgeschieden werden. Der Nachweis, daß Kochsalz in der Haut verbleibt, kann weder zugunsten noch zuungunsten der einen oder anderen Ansicht benutzt werden; denn man kann die Haut, nachdem sie gegerbt ist, nicht waschen, weil sie sonst wieder ihre Gare verliert.

Im Gegensatz zu dem mit Kochsalz hergestellten Leder zeigt das in richtiger Weise mit Chromsalzen hergestellte Leder, wie wir schon mehrmals hervorgehoben haben, eine solche Gare, die selbst bei längerem Kochen mit Wasser in keiner Weise beeinträchtigt wird. Mit Ausnahme des mit Formaldehyd dargestellten und des chromgaren Leders werden alle anderen Lederarten oft schon bei leichtem Erhitzen auf 60 bis 70°, jedenfalls aber beim Kochen so verändert, daß sie entweder in eine leimartige Masse (Kochsalzleder) überführt werden, oder aufquellen, dann zusammenrunzeln und nach dem Trocknen hart und bröcklig werden.

Die oben erwähnte Beständigkeit des chromgaren Leders kann nur so gedeutet werden, daß man annimmt, daß nicht allein die Zwischensubstanz und der Inhalt der Epidermiszellen, sondern auch die übrigen Elemente der Haut in chemische Verbindung getreten sind. Wären hier die Fasern nur von einer Schichte Chromsalze umhüllt, so könnte man nicht begreifen, daß diese Schichte bei längerem Kochen das Aufquellen der Haut und schließlich die Verflüssigung derselben verhindern könnte.

Wir nehmen an, daß eine chemische Verbindung sich vollzogen, bei der eine vollständige Gerinnung der Zwischensubstanzen und des Inhalts der Epidermiszellen, sowie der übrigen Hautelemente stattgefunden hat. Die Bindung der Chromsalze hierbei würde darauf zurückzuführen sein, daß das Hautgewebe, wie wir früher erwähnten, amphotere Reaktion zeigt und daß eine Art Lackbildung, wie beim Färben der Wollfaser, hier anzunehmen ist. Der Einwand, den man hier machen könnte, daß wenn eine derartige chemische Bindung stattfinden würde, die histologische Form sich ändern müßte, ist nicht stichhaltig, angesichts der Tatsache, daß die Wollfaser, bei der diese Farblackbildung evident nachgewiesen worden ist, ihre histologische Form ebenfalls nicht verändert.

Gegen das Licht gehalten ist richtig gegerbtes Chromleder nicht durchscheinend, was ebenfalls als ein Beweis für vollständige Gerinnung der erwähnten Substanzen anzusehen ist.

Bei dem mit vegetabilischen Gerbstoffen hergestellten Leder, dessen Herstellung wir als bekannt voraussetzen, wird die Hautfaser derartig mit Gerbstoff gesättigt, daß

nicht allein eine vollständige Gerinnung der vorerwähnten Substanzen, wobei dieselben mit der Gerbsäure in chemische Verbindung treten, stattfindet, sondern es lagert sich auch noch ein Überschuß von Gerbsäure auf der niedergeschlagenen Masse ab und füllt bis zu einem gewissen Grad die zwischen den Gewebsfasern vorhandenen Lücken teilweise aus. Diese Ablagerung von ungebundenem Gerbstoff kann auf Flächenattraktion zurückgeführt werden. Wird die Haut direkt aus der Gerbbrühe, ohne vorher gewaschen zu werden, getrocknet, so scheidet sich beim Trocknen selbstverständlich der Gerbstoff wieder aus, welcher in der vom Hautgewebe eingeschlossenen Flüssigkeit gelöst war.

Wenn Knapp jede chemische Bindung des Gerbstoffes mit der Hautsubstanz deshalb verwerfen will, weil der niedergeschlagene Gerbstoff dieselben Eigenschaften besitzt wie im ungebundenen Zustande, so wird man diesem Argument keine Bedeutung beilegen können, wenn man, wie vorher angeführt, annimmt, daß neben dem chemisch gebundenen Gerbstoff noch ungebundener vorhanden ist.

Bei längerem Einliegen von lohgarem Leder in kaltem Wasser wird der ungebundene Gerbstoff größtenteils entfernt, der gebundene Gerbstoff widersteht der Auslaugung dauernd.

Bei nur kurzem Kochen in Wasser tritt, wie vorher erwähnt, ein Aufquellen und Zusammenrunzeln ein, bei längerem Kochen verwandelt sich das Leder in eine harte Masse, die sich nach dem Trocknen zerreiben läßt.

Zur Erklärung dieses Verhaltens gegen kochendes Wasser nehmen wir an, daß nur die oben erwähnte Zwischensubstanz usw., dagegen nicht die übrigen Elemente, wie Fibrillen, elastische Faser usw. in chemische Verbindung mit Gerbstoff getreten sind, daher werden diese beim Kochen verändert, wahrscheinlich vorübergehend gelöst und durch die vorhandene überschüssige Gerbsäure ausgefällt.

Der Auffassung, daß der vegetabilische Gerbstoff nur mechanisch auf der Faser abgelagert sein soll, steht noch die Tatsache entgegen, daß die vegetabilischen Gerbstoffe mit fast allen eiweißartigen Körpern Fällungen geben und Verbindungen damit eingehen. Warum bei der Lederbildung die Fällung und Bindung nicht stattfinden soll, wäre ganz unerklärlich.

Gegen das Licht gehalten ist das mit vegetabilischen Stoffen gegerbte Leder undurchscheinend.

Bei der Sämischgerberei soll nach Knapp die Umwandlung der Haut in Leder durch mechanisches Einwalken von Fett, Ölen bewirkt werden.

Die Auffassung, daß hier die Fasern nur von einer Fett- oder Ölschicht umgeben sind, die das Zusammenkleben der Fasern verhindert und dadurch die Lederbildung bewirke, haben wir schon vorher als nicht zutreffend bezeichnet. Wir haben dort angeführt, daß nur bestimmte Transorten sich zur Sämischgerbung eignen, ferner daß für den Vorgang dieser Lederbildung besonders in Betracht kommen, die dabei stattfindenden Fermentationserscheinungen der Fette, wobei dieselben in Fettsäure und Glyzerin gespalten werden, welch letzteres einer weiteren Zersetzung unterliegt und in Akrolein überführt wird, dem ähnliche Wirkungen wie dem Formaldehyd auf die Hautsubstanz zukommen.

Digitized by Google

Hierbei sei noch erwähnt, daß uns ein Fabrikant versicherte, daß noch ein bestimmter Kalkgehalt der Haut, der wahrscheinlich die Spaltung der Neutralfette einleitet, von großer Wichtigkeit für die Sämischgerberei ist.

Die Mitteilung wird durch die Analyse von Professor von Schröder und Pässler bestätigt. Dieselben fanden, daß der Aschengehalt des sämischgaren Leders auf Ledertrockensubstanz berechnet, zwischen 4,19—7,17 % schwankt, während bei lohgarem Leder derselbe nur 0,5—1,01 % beträgt.

Die Asche besteht zum größten Teil aus Kalk- und Natriumverbindungen.

Ziehen wir ferner noch in Betracht, daß von dem durch die Haut aufgenommenen Fett durch Extraktion mittels Benzin oder Schwefelkohlenstoff nur ein Teil entfernt werden kann, so kann man der Ansicht, daß nur eine mechanische Umhüllung der Hauptfasern in dem sämischgaren Leder die Ursache der Lederbildung sei, nicht beipflichten. Man wird vielmehr annehmen müssen, daß bei diesem Prozeß durch kombinierte Wirkung des Akroleins mit den Fettsäuren, die teilweise oxydiert sind, eine Gerinnung und chemische Veränderung der Zwischensubstanz usw. verursacht wird.

Schröder & Pässler*) fanden in sechs Proben die Menge des löslichen Fetts zwischen 2,07—6,69 %, die Menge des unlöslichen Fetts zwischen 2—9,17 % schwankend.

Beim Kochen wird das sämischgare Leder verändert und bei langer Einwirkung von kochendem Wasser vollständig zersetzt. Gegen die Einwirkung des kalten Wassers zeigte es große Widerstandsfähigkeit.

Das Formaldehydleder ist ein erst in der neueren Zeit hergestelltes Produkt, das Professor Knapp bei der Aufstellung seiner Theorie nicht berücksichtigen konnte.

Nach einem den Herren J. & E. Pullmann in Godalming patentierten Verfahren wird dasselbe in folgender Weise hergestellt:

Die zur Gerbung vorbereiteten Felle werden in einer Trommel mit einer Formaldehydlösung (auf hundert Teile Wasser 1 % einer 40 %igen Formaldehydlösung) zirka 1½ Stunden gewalkt. Nach dieser Formaldehydbehandlung scheint keine wesentliche Veränderung, die äußerlich sichtbar ist, wie wir uns durch den Augenschein auf der Fabrik überzeugten, vorgegangen zu sein, da die Felle noch mehr oder weniger den Charakter der rohen Haut tragen, nur scheinen sie bei starkem Pressen zwischen den Fingern das Wasser leichter abzugeben wie rohe Haut.

Hierauf werden die Felle mit einer Lösung von kohlensaurem Natron mehrstündig gewalkt. Nach dieser Behandlung zeigt die Haut ganz die Eigenschaft von gutgegerbtem sämischen Leder.

Preßt man eine Probe zwischen den Fingern aus, so läßt sie das Wasser gehen in gleicher Weise wie das sämisch- und chromgare Leder. Erst nach der Einwirkung des kohlensauren Natrons, auf die mit Formaldehyd vorbehandelte Haut geht hier der Gerinnungsprozeß und die Überführung der Haut in Leder vor sich.

In gleicher Weise wie kohlensaures Natron können auch, wie wir durch später angestellte Versuche gefunden haben, Anilin, kohlensaures Ammon etc. verwendet werden.

*) Dinglers polyt. Journal, Bd. 295. Sonderabdruck.

Weder das Formaldehyd allein, noch viel weniger das kohlensaure Natron ist imstande, die Überführung der Haut in Leder zu bewirken. Erst durch die kombinierte Wirkung erfolgt die Gerinnung, wie dies eine Anzahl von Eiweißkörpern in gleicher Weise zeigen, die nur dann ausgefällt werden, wenn zwei Substanzen auf den Eiweißkörper wirken.

So z. B. fällt Essig- oder Zitronensäure Albuminlösungen nicht, setzt man jedoch zu diesen Lösungen Alkalisalze wie z. B. Chlornatrium, Glaubersalz u. a. in konzentrierter Lösung zu, so scheidet das Eiweiß in Flocken aus.

Vor der Behandlung mit kohlensaurem Natron ist das Formaldehydleder durchsichtig wie rohe Haut, nach der Behandlung ist es, wenn die Narbe entfernt ist, schwach durchscheinend wie sämischgares Leder. Bei längerem Kochen schrumpft es etwas ein, wird aber nicht zersetzt.

Diesen Vorgang nach der Knappschen Theorie zu erklären, scheint uns ganz unmöglich, da das Leder nach dem Waschen nur ganz geringe Mengen Alkalisalze enthält, ebenso ist uns die Nachweisung von freiem Formaldehyd nicht möglich gewesen.

Bei der Glanzgerberei erfolgt der Gerbprozeß durch Alaun und Kochsalz, welchen Eiweiß und Ölsubstanzen in Form von Eigelb und Mehl zugesetzt werden.

Nachdem die Felle aus der Gerbung kommen, ist die Gare so wenig widerstandsfähig gegen Wasser, daß die Felle nicht gefärbt werden können.

Nach vorhergegangenem Trocknen und Stollen werden die Felle aufeinander geschichtet und einige Monate, bis zu einem Jahr, liegen gelassen. Durch diesen Lagerungsprozeß, der um so günstiger wirkt, je länger er dauert, erleiden die gegerbten Felle Veränderungen, die noch nicht näher bekannt sind, aber sehr wahrscheinlich auf Fermentationserscheinungen beruhen.

Wir können die Knappsche Definition „Leder ist Haut, bei welcher durch irgend ein Mittel das Zusammenkleben der Fasern und der Epidermiszellen beim Trocknen verhindert wird“ annehmen, wenn die Epidermiszellen, die einen wichtigen Bestandteil der Haut bilden, aber keine Fasern sind, inbegriffen wären. Seine Erklärung der Lederbildung halten wir für unrichtig.

Unsere Ansicht über die Lederbildung wollen wir wie folgt zusammenfassen:

Bei der Umwandlung der Haut in Leder werden die Kitt- oder Zwischensubstanzen, der Inhalt der Epidermiszellen, durch irgend ein Mittel gewöhnlich koaguliert, seltener gehärtet. Die koagulierten Körper treten in dem einen Fall in eine chemische Verbindung mit dem die Gerbung bewirkenden Körper, im anderen Falle geschieht dies nicht.

Nach dieser Koagulation hat die Haut im nassen Zustande schon die Eigenschaft erlangt, das Wasser beim Pressen, im Gegensatz zur nicht gegerbten Haut, abzugeben.

Bei gewissen Gerbverfahren erstreckt sich die chemische Wirkung nicht allein auf oben erwähnte Substanzen, sondern noch auf die Bindegewebsfibrillen, elastischen Fasern, Epidermiszellhaut und die übrigen Gewebselemente, deren chemisches und physikalisches Verhalten verändert wird.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

II. Abhandlungen.

Das Talbot-Verfahren in Frodingham.

Von Professor Dr. H. **Wedding**, Geh. Bergrat.

(Hierzu Tafel IV und V).

Das Talbot-Verfahren ist eine Darstellungsart des Flußeisens aus Roheisen und Eisenoxyden im kippbaren Wärmespeicher-Flammofen bei einer nur teilweisen Entleerung des Ofens nach vollendeter Entkohlung.

Das Bessemerverfahren, d. h. die Herstellung des Flußeisens aus Roheisen in der Birne durch Oxydation mittels atmosphärischer Luft, ist nicht für alle Arten von Roheisen geeignet. Nach der sauren Art kann nur ein Roheisen bis zu höchstens 0,1 % Phosphor verarbeitet werden, weil der gesamte Phosphorgehalt in dem fertigen Flußeisen verbleibt, daher schon bei 0,1 % Phosphor im Roheisen die für die Festigkeit eines schmiedbaren Eisens höchste Grenze überschritten wird, während für den basischen oder Thomas-Prozeß ein Eisen unter 1,5 % Phosphor nicht mehr brauchbar ist, weil dann die durch die Verbrennung des Phosphors entwickelte Wärme nicht mehr zur vollkommenen Flüssigkeit des fertigen Produktes ausreicht. Dieser letztere Mangel läßt sich durch einen hohen Gehalt an Silicium nicht ersetzen, weil dieser die Entphosphorung verhindert, so daß man niemals über 0,5 % Silicium im Roheisen gehen darf, der Regel nach unter 0,3 % bleiben muß. Es bleibt daher die große Menge von Roheisenarten übrig, welche zwischen 0,1 und 1,5 % Phosphor enthalten, oder welche neben mehr oder weniger Phosphor über die Grenze von 0,1 % nennenswerte Menge von Silicium einschließen.

Für diese Roheisenarten bleibt entweder nur der Puddelprozeß übrig oder, da die Vorzüglichkeit des Flußeisens gegenüber dem Schweißeisen dieses Verfahren immer mehr in den Hintergrund drängt, der Flufseisenflammofen, der ebensowohl basisch wie sauer und entweder im Martinverfahren mit Roheisen und Schmiedeisen oder im Siemensverfahren mit Roheisen und Erz betrieben werden kann. Aber auch diese vier Hauptarten des Flußeisenflammofen-Verfahrens und ihre Zwischenarten haben niemals ganz zu beseitigende Schwierigkeiten. Abgesehen davon, daß gegenüber dem Bessemerverfahren die für das Einschmelzen des Eisens nötige Wärme aufgewendet werden muß, kommt auch die durch die Verbrennung der Bestandteile des Roheisens entwickelte

Wärmemenge bei dem flachen Bade sehr wenig zur Geltung, erfordert eine beständige Heizung des Ofens und verlängert die Zeit der Frischung von wenigen (15 bis 20) Minuten in der Bessemerbirne auf viele (6—15) Stunden.

Zwar kann man im basisch ausgefütterten Flußeisenflammofen ein Roheisen von beliebigem Phosphorgehalt verarbeiten, aber auch hier zeigt sich ein nur wenige Zehntel eines Prozents übersteigender Gehalt an Silicium für die Erhaltung des Herdes und der Ofenwandungen als sehr nachteilig. Die Schlacke wirkt auf den Herd zerstörend ein und bringt häufige Ausbesserungen und vielfache Stillstände des Ofens zu Wege.

Man ist daher schon längst bemüht gewesen, andere Arten der Zugutemachung des bezeichneten Roheisens zu ersinnen. Ein Verfahren in der Bessemerbirne, um ein Roheisen mittleren Phosphorgehaltes zu verarbeiten, ist bisher nicht gefunden worden. Man hat vielmehr nur bei einem Eisen, welches neben dem erforderlichen hohen Phosphor größere Mengen Silicium enthält, eine Teilung des Prozesses in der Weise fertig gebracht, daß nur das Silicium in einer mit saurem Futter versehenen Birne herausgeblasen und dann das so seines Siliciumgehaltes beraubte Eisen vom Phosphor entweder in einer zweiten basisch ausgefütterten Birne befreit oder in einem Flammofen, welcher basisch ausgefüttert ist, fertig gestellt wird, oder man hat Silicium und Phosphor im basischen Ofen fortgeschafft und dann im sauren Ofen das Flußeisen fertig gestellt. Immerhin ist ein solches Verfahren kostspielig, da es sowohl der Anlage der Bessemerbirnen mit allem Zubehör an Gebläse usw., als auch der der künstlich gefeuerten Flammöfen bedarf. Überhaupt stellt sich nach den bisher gemachten Fortschritten heraus, daß für eine Neuanlage die Selbstkosten des Flußeisens, welches in dem Flammofen erzeugt wird, nicht höher ausfallen, als die des in der Bessemerbirne dargestellten. Anders verhält sich natürlich die Sache bei fertig bestehenden Anlagen, wo die Anlagen bereits mehr oder minder amortisiert sind.

Keinesfalls macht ein Siliciumgehalt des Roheisens im Flammofen so große Schwierigkeiten, wie in der basischen Bessemerbirne, weil die Schlacke nicht wie bei dem Bessemerverfahren beständig mit dem Eisenbade durchgeführt wird und daher auch nicht die Entphosphorung in gleichem Maße, wie dort, verhindert.

Aber ein weiterer Grund der Schwierigkeit, das Roheisen im Flammofen zu verarbeiten, liegt in der Notwendigkeit der Anwendung einer erheblichen Menge von Schrott, d. h. von Abfällen schmiedbaren Eisens.

Ursprünglich war der Flammofenflußeisen-Prozeß von den Gebrüdern Martin in der Weise eingerichtet, daß er als ein bloßer Mischprozeß gelten konnte. In einem mit saurem Herd versehenen Ofen schmolz man Roheisen ein, brachte in das flüssige Roheisen die der Regel nach vorgewärmten Abfälle von schmiedbarem Eisen und erhielt so ein Produkt von mittlerem Kohlenstoffgehalte. Dieser Prozeß konnte indessen nur dann mit Erfolg ausgeführt werden, wenn man sich dazu phosphorfreier oder ganz phosphorarmer Eisensorten bediente.

Nachdem der basische Bessemerprozeß erfunden worden war und Thomas in seiner Patentbeschreibung unvorsichtiger Weise, ohne dafür den Schutz zu beanspruchen, die Angabe gemacht hatte, daß man ebenso wie in der Bessemerbirne auch in dem

Flammofen basisch arbeiten könne, lag es sehr nahe, Versuche nach dieser Richtung hin anzustellen, welche tatsächlich sogleich von ausgezeichnetem Erfolge gekrönt waren. Aber man mußte dabei das ursprüngliche Verfahren der Gebrüder Martin erheblich umändern, indem man sich nicht mit einer einfachen Mischung von Roheisen und schmiedbarem Eisen zufrieden geben konnte, sondern, nachdem die Mischung stattgefunden hatte, auch noch eine Entphosphorung eintreten lassen mußte, welche bedingte, daß zuvor annähernd aller Kohlenstoff entfernt war. So entstand denn der noch heutigen Tags beinahe ausschließlich in Deutschland angewendete sogenannte basische Martinprozeß, bei welchem nunmehr Roheisen und Schrott zugleich eingeschmolzen werden und aus dem fertigen Bade durch Oxydation der Phosphor entfernt wird. Für diese Oxydation erhält man den nötigen Sauerstoff auf verschiedene Weise. Ein nicht unerheblicher Teil wird durch das dem Schrott anhaftende Oxyd, welches bei eigenen Abfällen der Eisenverarbeitung aus Glühspahn (Oxydoxydul) besteht, bei angekauftem Schrott dagegen in der Form des Rostes auftritt, geliefert. Ein anderer Teil des Oxydationssauerstoffs wird mit den verbrennenden Gasen, mit welchen der Ofen geheizt wird, eingeführt. Bereits W. Siemens hatte bei seinen Versuchen, die Rennarbeit, d. h. die Gewinnung des schmiedbaren Eisens unmittelbar aus den Eisenerzen, wieder einzuführen, ein Verfahren erfunden, nach welchem die Oxydation der Nebenbestandteile des eingeschmolzenen Roheisens durch Eisenerze (Eisenoxyde) erfolgte. Dementsprechend verfolgte man dieses Verfahren anfänglich durch Einsatz kleinerer Mengen von Glühspan in Form von Walzsinter, Hammerschlag u. dergl. und ging dann dazu über, durch Einsatz von gepulverten Erzen weiteren Sauerstoff einzuführen, d. h. man machte die nunmehr als Siemens-Martin-Verfahren bezeichnete Kombination.

Das ist der Verlauf, den man jetzt der Regel nach in Deutschland benutzt, aber auch bei ihm kommen mehr oder weniger zwei Bedenken in Betracht. Das erste ist die schon erwähnte schnelle Abnutzung des Herdes, besonders an der Schlackenkante, und das zweite ist die oft schwierige Beschaffung des schmiedbaren Eisens in Form von Alteisen (Schrott). In guten Zeiten, bei denen eine hohe Erzeugung von Flammofenflußeisen verlangt wird, kommt es nicht selten vor, daß im Handel Mangel an Schrott eintritt und daß dann seine Ankaufspreise nicht nur die Preise eines schlechten Eisens übersteigen, sondern selbst diejenigen, welche für das fertige Produkt gezahlt werden, überschreiten, so daß tatsächlich nur dadurch, daß man einen möglichst hohen Verbrauch von Roheisen anwendet, die Selbstkosten soweit erniedrigt werden können, daß sie dem Verkaufspreise entsprechen.

Beiden Übelständen hat man versucht abzuhelfen, und zwar dem ersteren dadurch, daß man den Ofen vor der Neufüllung niemals ganz entleerte, und so einen ununterbrochenen Prozeß herstellte; d. h. in denselben Ofen wird eingesetzt, in ihm gearbeitet, aus ihm ausgegossen und in ihn wieder eingetragen, ohne daß jemals eine vollkommene Entleerung des Ofens stattfindet. Ferner hat dieser Prozeß es ermöglicht, daß Roheisen, welches man sonst mit dem schmiedbaren Eisen zusammen einschmelzen mußte, im flüssigen Zustande vom Hochofen herbeigeschafft und in den Ofen eingeführt werden kann, was sonst, wenn der Ofen ganz leer ist, ohne Zerstörung des Bodens kaum angeht. Bei dem Verfahren mit flüssigem Roheisen erspart man nunmehr die Umschmelzkosten, welche

nicht unerheblich zu sein pflegen, und kann sich an Stelle von Schrott nur oxydierender Einsätze bedienen, d. h. also des Hammerschlags, des Walzsinters und der Erze.

Unter Benutzung aller dieser Vorteile hat sich ein Prozeß entwickelt, welcher nach seinem Erfinder Talbot-Prozeß genannt wird. Anfänglich war dieser Prozeß eigentlich nur ein Siemens-Verfahren mit flüssigem Roheisen und teilweiser Belassung entkohlten flüssigen Eisens im Ofen, allmählich hat sich aber daraus ein vorzüglich ausgebildetes fortlaufendes Verfahren der Flußeisendarstellung entwickelt, welches ich in Frodingham bei Doncaster in der Grafschaft Lincolnshire in England, wohin ich im Auftrage des preußischen Herrn Ministers für Handel und Gewerbe im August d. J. gereist war, kennen gelernt habe und dessen Beschreibung nachstehend gegeben werden soll.

Bevor indessen auf die nähere Beschreibung eingegangen wird, sollen kurz die Grundbedingungen geschildert werden, welche in Frodingham Veranlassung zu der Einführung des Verfahrens gegeben hatten.

Eisenerzvorkommen.

Frodingham ist ein kleiner Eisendistrikt, der inmitten einer wesentlich nur landwirtschaftlichen Gegend liegt. Seine Entstehung verdankt dieser Industriebezirk einem weit ausgedehnten Eisenerzlager.

Das Erzlager gehört der Liasformation an, welche hier in Nord-Lincolnshire auf der Triasformation auflagert. Der obere Lias, welchem das der großartigen Eisenindustrie von Nord-Yorkshire, in dem sogenannten Cleveland-Distrikt, vorkommende Eisenerzlager angehört, ist hier gar nicht vertreten, dagegen schließt der mittlere Lias eine und der untere Lias zwei Lager ein. Von diesen ist nur das untere bauwürdig. Es gehört der Zone des Ammonites semicostatus an.

Das Erz tritt in einem fast horizontalen Lager mit einer geringen Neigung nach Osten auf, zieht sich unter dem Orte Frodingham nördlich und westlich fort, ist aber dort meist nicht abbauwürdig, und wo es abbauwürdig war, bereits abgebaut. Der Bergbau geht dagegen südlich und östlich der Hütten von Frodingham lebhaft um. Das Erzlager liegt überall nahe der Oberfläche und ist nur von einer Schicht feinen gelben Sandes bedeckt, deren Stärke von einigen Centimetern bis zu 7 m schwankt. Das Erzlager selbst hat eine Mächtigkeit von höchstens 8 m.

Das Ausgehende wird von einer Hügelreihe begrenzt, von der aus im Fallen des Lagers, also nach den Hüttenwerken zu, der Abbau stattfindet.

Der untere Teil des Lagers ist eisenarm und wird nicht mitgewonnen oder nur als Baustein verwendet; in dem bauwürdigen Teile liegen drei Kalksteinbänder, so daß an eigentlichem Eisenerz nur 4—5 m übrig bleiben. Aber auch in diesem Erze, welches sich durch seine dunkelbraune Farbe auszeichnet, kommen noch schmale Kalksteinbänder, durchschnittlich vier an Zahl, vor. Im unteren Teile des bauwürdigen Erzes treten oft Eisenerzknollen von grünlicher Farbe auf. Kalkstein wie Erz sind von einer ungeheuren Menge von Fossilien, namentlich Cardinien und Gryphaeen, aber auch Ammoniten, Limen usw. angefüllt. Zuweilen ist der Kalkstein im Streichen durch Eisenkarbonat ersetzt.

Der größte Teil des Eisenerzes besteht aus Eisenhydroxyd, ist also Brauneisenstein mit etwa 27—28 % Eisen.

Kendall*) teilt eine Reihe von Analysen mit, welche Proben entstammen, die in 14 verschiedenen Höhen der Mächtigkeit des Lagers entnommen sind. Sie zeigen ungemein große Schwankungen der Bestandteile des Erzes. Während die oberste Lage 34,2prozent. Eisen enthält, zeigt die 11. Lage nur 11,54, die 13. gar nur 10,69 %, die unterste dagegen wieder 28 %. Die Nähe zur Erdoberfläche und die verschiedene Auslaugung durch Tagewasser hat aber auch im Streichen des Lagers sehr große Verschiedenheiten hervorgerufen.

Der Kalkgehalt schwankt zwischen 5,25 und 71,38 %, die in Salzsäure unlöslichen Bestandteile, meist Kieselsäure, betragen 3,00 bis 13,57 %, liegen aber meist unter 5 %. Tonerde ist nur wenig vorhanden, 1,80 bis 5,43 %. Mangandioxyd schwankt von 0,84 bis 3,28 % und beträgt durchschnittlich 1,5 %.

Die vollständige Analyse des Durchschnitts der vierten Probe des vorher bezeichneten Durchstichs, welchem eine Schicht von 1 m Mächtigkeit entspricht, enthält:

24,87 % Calciumkarbonat,
14,00 - hygroskopisches Wasser,
6,64 - Hydratwasser,
40,55 - Eisenoxyd,
5,55 - Kieselsäure,
4,80 - Tonerde,
1,68 - Mangandioxyd,
0,86 - Phosphorsäure,
0,02 - Schwefelsäure

und ein Durchschnitt der gesamten Teile des Erzlagers zeigt an:

Kieselsäure	11,78 %	bei	einem	Minimum	von	5,55	und	einem	Maximum	von	24,40 %,	
Tonerde	4,68	-	-	-	-	-	3,30	-	-	-	-	6,02 -
Kalkerde	9,51	-	-	-	-	-	1,79	-	-	-	-	13,03 -
Magnesia	1,06	-	-	-	-	-	0,58	-	-	-	-	3,02 -

Das Erz, welches roh ein spezifisches Gewicht von 2,8 hat, ist ungemein porös und saugt im lufttrockenen Zustande 15—30 % Wasser auf.

Der Bergbau ist ein einfacher Tagebau. Der Abraum wird auf den abgebauten Teil gestürzt, der nach dem Abbau des Eisenerzlagers, wegen der Durchlässigkeit, einen viel geeigneteren Boden für den Ackerbau als vor dem Abbau liefert, das Erzlager wird mit der Keilhaue, bei ausreichender Mächtigkeit in zwei Stufen, gewonnen und schon an Ort und Stelle tunlichst nach drei Arten (nach Eisen- und Kalkgehalt) getrennt. Die Wasserhaltung ist bei dem geringen Niveauunterschied sehr einfach.

Die Förderung der Erze von Lincolnshire macht etwa ein Zehntel der Gesamtförderung der Eisenerze von Großbritannien aus**) und betrug 1890 rund 1 Million Tonnen***).

*) Iron ores of Great Britain and Ireland. S. 206 u. f.
**) Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl. Bd. II, S. 117.
***) Genau 1 052 400 tons.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung für das Talbot-Verfahren.

Das Erz wird von seiner Lagerstätte aus unmittelbar auf Eisenbahnen mit Lokomotiven zu den 5 Roheisenwerken befördert, welche dicht beieinander liegen. Von ihnen lag bei meiner Anwesenheit eines kalt. Das Roheisen wird von allen Werken bis auf eins verkauft und zu diesem Zwecke bis zu dem Flusse Trent oder auch bis zu dem meerarmähnlichen Humber mit den Häfen von Grimsby und Hull verfrachtet und von dort zu Wasser weiter befördert. Nur auf einem dieser Werke findet eine Weiterverarbeitung des Roheisens statt. Es ist dasjenige der Frodingham-Iron and Steel Co. Hier wird das von den Hochöfen kommende Roheisen flüssig zu dem Talbotofen, oder zu Masseln erstarrt zu sieben anderen feststehenden Martinöfen gebracht. Auf dieses Werk beziehen sich meine nachstehend dargestellten Erfahrungen.

Ein neuer Hochofen, ganz nach amerikanischem Muster, ist im Bau begriffen. Er soll auf eine große Produktion von 2 -- 300 t in 24 Stunden eingerichtet werden, ist aber noch nicht in Betrieb. Mit ihm verbunden sind Röstöfen. Die jetzt betriebenen Hochöfen sind dagegen alter Bauart. Die Gichtgase werden durch einen in die sonst offene Gicht eingehängten Zylinder seitwärts abgezogen und zur Heizung der Winderhitzer und der Dampfkessel für die Gebläsemaschinen, sowie für eine Gichtgasmaschine, die zum Betriebe des Lichtwerks dient, angewendet. Die Erze haben in den hier verwendeten drei Arten

	im rohen Zustande	im bei 100° getrockneten Zustande
1.	29,34	37,5 % Eisen
2.	19,04	21,6 - -
3.	24,40	28,0 - -

und 4,0, 24,6 und 12,7 % Kalkerde. Sie werden unter sich und mit ¼ ihres Gesamtgewichts an kieselsäurereichem Erze aus Mid-Lincolnshire, welches 18 % Silizium und 38 % Eisen enthält, sowie zur Anreicherung an Phosphor mit angekaufter Puddelschlacke gemischt. Die Puddelschlacke hat

30 % Kieselsäure,
40—45 - Eisen,
2 - Mangan,
3,25 - Phosphorsäure.

Die Hochofenschlacke ist folgendermaßen zusammengesetzt:

30 —33 % Kieselsäure,
42 —45 - Kalkerde und Magnesia,
15 —18 - Tonerde,
2,5— 3,2 - Manganoxydul,
0,5— 1,2 - Eisenoxydul.

Die Gichtgase enthalten:

7,8— 8,0 % Kohlendioxyd,
27 —30 - Kohlenoxyd,
2 — 3 - Wasserstoff

und im Kubikmeter 63—93 g Wasser und 1—8 g Staub.

igitized by Google

Es wird ein weißes Roheisen erblasen, welches bei 3 % Kohlenstoff in drei Arten folgende Zusammensetzung hatte:

	1.	2.	3.
		Prozente	
Silizium	34	33	30
Schwefel	0,018	0,078	0,075
Phosphor	2,10	2,00	2,06
Mangan	2,05	2,00	1,81.

Die Erzgattirung würde nur 1,4 % Phosphor haltendes Roheisen geben, man mischt sie daher mit so viel Puddelschlacke, daß die gewünschten 2 % Phosphor durchschnittlich erhalten werden.

Das Roheisen kommt von den Hochöfen in flüssigem Zustande unmittelbar in den Talbotofen. Darin liegt ein entschiedener Nachteil, denn die Beschaffenheit des Roheisens ist infolge der Ungleichförmigkeit der Erze ungleichförmig, und wird umsomehr gestört, als der Gang der Hochöfen durchaus nicht regelmäßig ist, sondern häufig zum Hängenbleiben und Kippen der Gichten Veranlassung gibt. Es sei hier bemerkt, daß man eine eigentümliche Art hat, das Hängenbleiben der Gichten zu beseitigen, indem man eine höher gelegene Reihe von Formen benutzt, durch welche in solchen Fällen Wind eingeblasen wird. Dieses Verfahren, welches den angesetzten Mantel beseitigt, soll stets von gutem Erfolge begleitet sein. Die obere Reihe der Formen liegt in der Mitte der Rosthöhe. Zweck der Verarbeitung des Roheisens im Talbotofen ist ein Flußeisen von sehr weicher Qualität zu erzeugen, welches zur Darstellung von Schiffsbaustoff dient. Das Walzwerk, welches sehr gut eingerichtet ist, besitzt eine Blockstraße von großer Produktion und ein Fertigwalzwerk für sehr lange zusammenhängende Stücke.

Bevor der in dem Talbotofen stattfindende Vorgang beschrieben wird, soll auf die Bauart des Talbotofens selbst und seines Zubehörs eingegangen werden.

Bauart des Talbot-Ofens.

Der Ofen ist bestimmt für ein Ausbringen von 160 t. Seine Abmessungen sind aus der beigefügten Zeichnung Taf. IV ersichtlich. Er ist ein Kippofen, und zwar ein Kippofen nach der Bauart der sogenannten Wellmann-Öfen, d. h. er ruht auf zwei Wiegen und wird durch 2 hydraulische Kolben, deren Kolbenstangen an Nasen anfassen, gekippt. Er kann nach beiden Seiten gelegt werden. Die Wiegen rollen sich auf glatten Unterlagsschienen ab und sind nur mit einigen Vorsprüngen oder Zähnen versehen, welche eine Verschiebung auf den Wiegen verhüten sollen.

Auf der Tafel IV stellt Fig. 1 den Ofen in Ansicht und Längsschnitt, Fig. 2 im Querschnitt durch die Mitte, Fig. 4 im Querschnitt durch einen Wärmespeicher und die Gas- und Luftzüge dar, während Fig. 3 der Horizontalschnitt nach den angegebenen Linien ist. Die Ziegelfüllungen der Wärmespeicher sind nur angedeutet. Die verschiedenen Baustoffe des Ofens sind durch verschiedene Schraffuren, die rechts unten an der Tafel erläutert sind, gekennzeichnet.

Digitized by Google

Die Bewegungsvorrichtungen sind hydraulisch und erhalten ihr Druckwasser aus einem vierfach bemessenen Druckwassersammler Armstrongscher Bauart. In den Fig. 2 und 4 erkennt man die hydraulischen Zylinder für die Kippung des Ofens, in der linken Hälfte der Fig. 1 die hydraulischen Zylinder für die Bewegung der Ofentüren und für die Bewegung der Feuerköpfe.

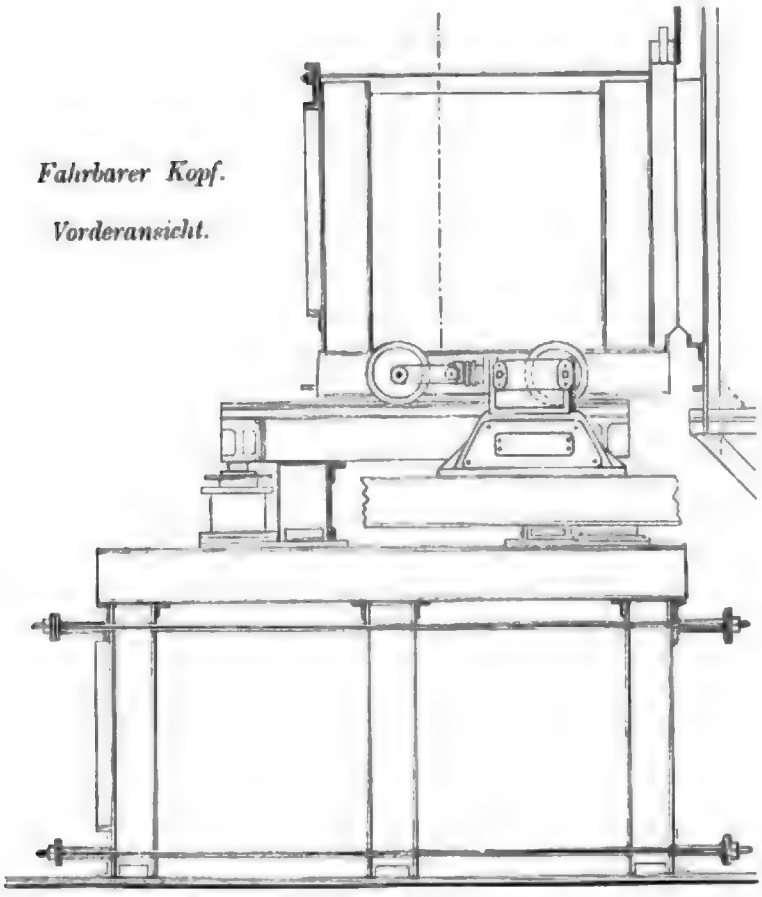


Fig. 7.

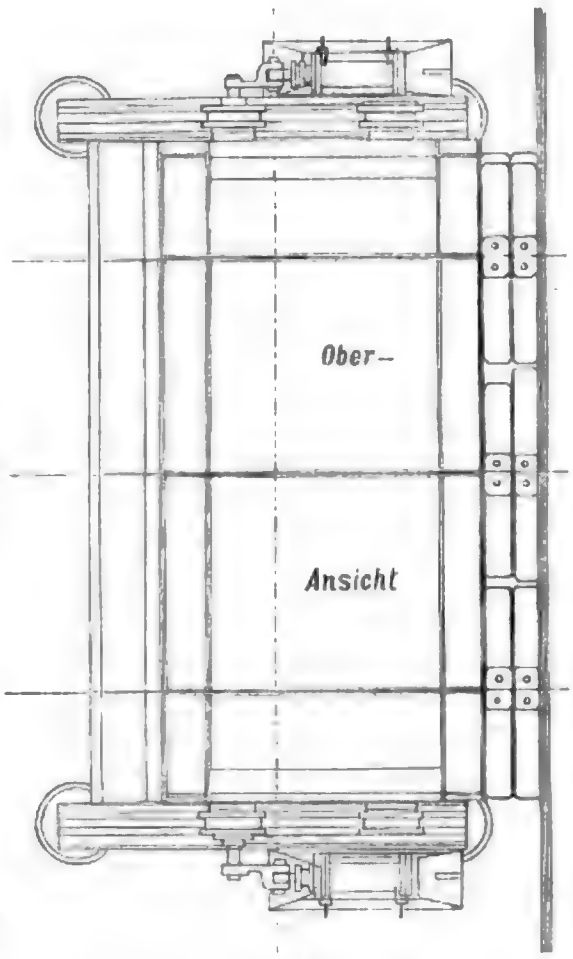


Fig. 8.

Die letzte Einrichtung, welche sich ausgezeichnet bewährt und welche auch für alle feststehenden Martinöfen nur empfohlen werden kann, ist in den beiden nebenstehenden Figuren 7 und 8 in größerem Maßstabe dargestellt. Die drei Kanäle, von denen die beiden seitlichen das Gas, der mittlere die Verbrennungsluft zuführt, haben nach außen, was in der Zeichnung nicht deutlich angegeben ist, Fortsetzungen, die nur lose verschlossen sind und jederzeit zur Reinigung der Horizontalkanäle geöffnet werden können, ohne daß der Betrieb zu stocken braucht.

Andere Arten des Wellmann-Ofens besitzen ganz gezahnte Wiegen, so der Ofen in Cardiff, aber in Frodingham hat sich gezeigt, daß zwei Zähne genügen, um den Ofen vor einer Verschiebung zu schützen. Noch andere Öfen kippen auf Kugellagern, aber das ist eine sehr kostspielige und ebenfalls unnötige Einrichtung. Bei der Kippung nach Art des dargestellten Ofens in Frodingham werden allerdings die Gas- und Luftöffnungen jedesmal beim Kippen zum Teil verdeckt und erhalten dann kleineren Querschnitt. Man hat deshalb Öfen gebaut, welche sich um eine Achse drehen, die ihren Anschluß an eine hohle Röhre findet, durch die konzentrisch Gas und Luft eingeführt werden, also eine Bauart, welche an die der kippbaren Bessemerbirne anschließt; aber diese Bauart hat sich nicht eingebürgert, weil sie sehr kostspielig ist und weder das Abfahren der Heizköpfe erlaubt, noch eine leichte Reinigung der Kanäle gestattet.

Die Gesamtanlage des Ofens samt Zubehör ist in Taf. V Fig. 5 dargestellt.

Der Ofen steht ziemlich genau in der Mitte des luftigen aus Eisen konstruierten Gebäudes. Zwei elektrische Laufkräne, von denen der eine (rechts in der Zeichnung) das flüssige Roheisen zuführt, der andere (links in der Zeichnung) die Flußeisengießpfanne trägt, bestreichen nach allen Richtungen hin die Hütte, welche eine lichte Weite von 33 m besitzt. Die mit den Oxydationsstoffen und dem Kalk gefüllten Löffel werden von dem auf der Füllsohle laufenden elektrischen Krane geordnet, entnommen und in den Ofen geführt, um dort entleert zu werden. Die Schlacke wird in Pfannen gesammelt, welche auf der unteren Hüttensohle so weit nach außen laufen, bis sie empor gehoben werden können.

Seine Feuerung erhält der Talbotofen in Frodingham durch ebenfalls von Talbot erfundene Vergaser, welche in der Zeichnung Taf. V Fig. 6 abgebildet sind. Sie arbeiten vollständig selbsttätig, da sowohl die Beschickungsvorrichtung *c* selbsttätig wirkt, als auch die in der Zeichnung mit *d* und *e* bezeichneten Störer die Kohle herabbefördern und gleichzeitig den Rost von Schlacke reinigen (vergl. D. R. P. 121 873). Man hat jetzt den oberen Arm *d* als überflüssig entfernt. Das Gas gelangt durch eine Eisenblechleitung zu sämtlichen Flußeisenöfen, zu denen es durch mit Ventilen versehene Rohrleitungen verteilt wird.

An dem Ofen sind nur wenige Arbeiter beschäftigt, nämlich der Meister, der gleichzeitig auch die übrigen 7 feststehenden Martinöfen beaufsichtigt, ein Vormann, der die Hitze leitet, aber gleichzeitig selbst mit anfäßt, ferner drei Gehilfen, die Materialien herbeischaffen, die Fütterung des Ofens besorgen, kurz die Anordnungen des Vorarbeiters ausführen. Ein Mann befindet sich auf dem elektrisch betriebenen Laufkran, der vor dem Ofen entlang läuft, und sowohl das flüssige Roheisen herbeischafft, als auch das Einsetzen der Gießrinne bewirkt, und ein Mann auf dem elektrisch betriebenen Einsetzwagen, welcher die Rohmaterialien herbeiholt, mit Hilfe der Löffel in den Ofen hineinbringt und dort entleert.

Das Mischgas, welches in den Taf. V Fig. 6 abgebildeten Vergasern aus Steinkohle mit Gebläsewind und Wasserdampf erzeugt wird, erfordert 5 t Kohlen auf 1 t Flußeisen bei allen Öfen. Man erhält aus 1 t Kohle 4500 cbm (160 000 Kubikfuß) Gas. Das Gas hat folgende Zusammensetzung:

Digitized by Google

Kohlendioxyd	5 %
Kohlenoxyd	21 -
Wasserstoff	16 -
Leichter Kohlenwasserstoff .	3 -
Stickstoff	55 -

In jedem Vergaser wird auf 1 Stunde 1 t Kohle verbraucht. Der Talbotofen erfordert 2 solcher Vergaser, mit anderen Worten 2 t Kohle in der Stunde. Man kann allerdings nicht genau die Menge des im Tabotofen verbrauchten Gases bestimmen, weil die sämtlichen Vergaser die Gase in ein gemeinschaftliches Rohr für alle Martinöfen liefern, aber aus dem Querschnitt der Einzelleitungen ergibt sich das genannte Verhältnis.

Zum Regeln aller Bewegungen sind die nötigen Vorrichtungen an dem Meisterstande, der vor der Mitte des Ofens an der Außenwand der Hütte liegt, angeordnet. Wird der Druck des Gases zu groß, so werden die Köpfe abgeschoben, die auch dann, wenn der Ofen gekippt wird, damit durch Reibung kein Nachteil entsteht, etwas abgefahren werden. Dieselbe Bewegung, nur auf weitere Entfernung, findet statt, wenn die Gas- und Luftöffnungen gereinigt werden sollen. Da die Horizontalkanäle auch von außen, nach Öffnung von losen Verschlußsteinen zugänglich sind, so kann bei starkem Absatz von Staub auch durch diese Öffnungen die Reinigung erfolgen.

Die Produktion des Ofens war bei meiner Anwesenheit 700 t in einer Woche; 20—25 % des erzeugten Flußeisens werden an Schlacke gewonnen. Diese Schlacke wird durch Kippung nach der Vorderseite in mehreren Absätzen abgegossen. Diejenige, welche den höheren Phosphorgehalt besitzt, angeblich bis zu 18 % citratlöslicher Phosphorsäure, wird gemahlen und an die Landwirte verkauft.

Der Ofen ist seit mehreren Jahren ohne erhebliche Erneuerungen im Betriebe; größere Ausbesserungen an den Zügen und an den sauren Steinen des Gewölbes und seiner Wiederlager erfolgen etwa alle vier Monate ohne Unterbrechung des regelmäßigen Betriebs, die kleineren Ausbesserungen während des Verlaufs der Hitzen, wie dies geschildert werden wird.

Zur Oxydation des Roheisens werden verschiedene Stoffe verwendet, hauptsächlich Hammerschlag und Walzsinter vom eigenen Werke, ferner Schweißschlacke vom eigenen Werke, sodann Purpurerz, welches von Schwefelsäurefabriken mit Entkupferungsanlage angekauft wird, es enthält:

Kieselsäure	5,0 %
Eisen	63,1 -
Schwefel	0,1 -

ferner gerösteter Blackband, der stark gesintert ist und Pottersmine genannt wird, mit:

Kieselsäure . . .	3,0— 5,0 %
Eisen	60 —65 -
Schwefel	0,2— 0,3 -

endlich schwedische, aufbereitete feinkörnige Magneteisenerze von Gelivara.

Das Purpurerz ist durch starke Pressung ohne jeden Zusatz in sehr feste Stücke von Ziegelgröße verwandelt worden. Im allgemeinen bringt man durchschnittlich 104,15 t Flußeisen aus 100 t Roheisen aus, das Mehr natürlich aus den Erzen.

Es soll nun die Ausführung des Prozesses beschrieben werden.

Digitized by Google

Betrieb des Talbot-Ofens.

Sonnabend auf Sonntag Nacht wird der Ofen außer Betrieb gesetzt. Schornstein, Türen, Gas- und Luftöffnungen werden abgesperrt. Am Sonntag Abend wird der Ofen, wo es erforderlich ist, gründlich ausgebessert; die Ausbesserung ist in der Regel nur in der Schlackenhöhe notwendig; um 9 Uhr werden 50 t Schrott eingesetzt, um 2 Uhr nachts wird Gas gegeben. Dann werden 45 t Roheisen eingesetzt, und um etwa 6 Uhr morgens am Montag werden 100 t (d. h. also gewöhnlichen Misch-Martin-Flußstahls) abgestochen. Von da ab wird regelrecht verfahren.

Nach erfolgtem Abstich bleibt etwa $^1/_3$ des flüssigen Eisens im Ofen zurück. Der Ofen wird mit frischem Dolomit am Stichloch verstopft und mit derselben Masse (ohne Teerzusatz), wo es nötig erscheint, ausgebessert. Ist die Schlacke nach dem Einsetzen des frischen Roheisens abgelassen, so erfolgt der Einwurf von trockenem, ziemlich feinkörnigem Dolomit (ohne jeden Teerzusatz), weil dieser sich schnell an die Kanten des Bades hin verbreitet, auf dem er schwimmt, und sich dort an dem Rande des Ofens festsetzt, etwa wie trockenes Pulver auf einem mit Wasser gefüllten Waschbecken schwimmend sich an den Rand zieht. Dieser Ausbesserungsdolomit befindet sich vor dem Ofen in einem besonderen Blechkasten, welcher von dem elektrischen Laufkrane fortgeschafft wird, sobald das Einsetzen des Roheisens stattfinden soll.

Verlauf einer Hitze.

Die nachstehende Übersicht stellt eine regelrecht verlaufene Hitze dar. Die von mir beobachteten zahlreichen weiteren Hitzen zeigten keine wesentlichen Abweichungen von dieser.

Nach dem Abstich des vorigen Satzes, welcher 3 Uhr 35 Minuten vollendet war, erfolgte auf das zurückgebliebene flüssige Eisen der Einsatz von 5 Kästen Hammerschlag (d. h. Hammerschlag und Walzsinter aus den Hütten) und Kalk (siehe Tabelle auf S. 340). Nun kam eine Pfanne mit flüssigem Roheisen vom Hochofen vermittelst Lokomotive angefahren. Die Pfanne wurde vom Laufkran, der vorher die Einsatzrinne in die rechte Tür des Ofens eingesetzt hatte, abgehoben und über die Einsatzrinne geführt. Hier begann nun in Absätzen das Eingießen in den Ofen. Die Mitteltür blieb dabei geöffnet, um die zum Teil sehr stürmische Reaktion beobachten zu können, bei der oft die Flamme aus dem Ofen schlug. Die Köpfe waren deshalb auch etwas vom Ofen abgefahren und die Gaszuleitung war abgestellt. Das Einsetzen des Roheisens bei der beschriebenen Hitze in 4 Absätzen dauerte im ganzen 20 Minuten. Nun wurden die Köpfe wieder angefahren und Kalk, Hammerschlag und Schweißschlacke durch den elektrischen Kran mittels der dazu bereit stehenden gefüllten Löffel eingesetzt.

Kasten	Gewicht eines Kastens	Stoff	Zeit Uhr	Zeit Min.
3	23 Ctr.	Hammerschlag	3	50
2	10 -	Kalk		
	12 t 7 Ctr.	weißes flüssiges Roheisen	3,50 — 4,10	
2	10 Ctr.	Kalk		
2	23 -	Hammerschlag	4	50
1	23 -	Schweißschlacke		
	13 t 14 Ctr.	weißes flüssiges Roheisen	4,50 — 5,20	
1	23 Ctr.	Schweißschlacke	6	20
1	10 -	Kalk		
1	10 -	Kalk	7	—
1	23 -	Purpurerz		
1	10 -	Kalk		
1	14 -	gerösteter Blackband	8	15
1	36 -	Magneteisenerz		
	1 t	festes Spiegeleisen	8	53
2	10 Ctr.	Kalk		
1	10 -	Kalk	9	10
	2 t 5 Ctr.	festes Hämatit-Roheisen		
		Abstich	9	35

Das sind im ganzen (1 t = 20 Ctr.):

	5 t 15 Ctr.	Hammerschlag,
	1 - 3 -	Purpurerz,
	2 - 10 -	Blackband und Magneteisenerz,
Zusammen	9 t 8 Ctr.	Oxydationsstoff,
Dazu	8 - 10 -	Kalk.

An Roheisen:

	26 t 1 Ctr.	flüssiges Weißeisen,
	1 - — -	Spiegeleisen,
	2 - 5 -	Hämatit-Roheisen,
Zusammen	29 t 6 Ctr.	Roheisen.

Inzwischen war die zweite Pfanne mit Roheisen angefahren und wurde, ebenfalls in Absätzen, aber da die Reaktion sehr stürmisch war, in 30 Minuten in den Ofen gegossen. Nun verlief, bei meist geschlossener Türe, der Prozeß in ruhiger Weise unter Nachfüllung der angegebenen Menge von Oxydationsstoffen und Kalk. Um 8 Uhr 50 Minuten war die Hitze im wesentlichen vollendet. Es wurde eine Schöpfprobe genommen und diese auf ihre Schmiedfähigkeit in gewohnter Weise (Ausplatten, um zu sehen, ob Kantenrisse sich zeigten, und Bruch der ausgeplatteten Probe, um zu sehen, ob diamantglänzende Krystalle vorhanden wären) geprüft.

Etwa $^1/_4$ Stunde bevor der Abstich erfolgt, reinigt man das aufsteigend angelegte Stichrohr, dessen Bauart aus Fig. 2 Taf. IV deutlich zu erkennen ist, indem man mit einem löffelartigen Instrumente die lockeren Massen herausholt, worauf in wenigen

Digitized by Google

Sekunden die letzte Durchbohrung mit einer eisernen Stange ohne nennenswerte Kraftanwendung bewirkt werden kann.

Da infolge des Zurückbleibens von etwa $^1/_3$ des flüssigen Eisens im Ofen eine vollkommene Kohlung und Desoxydation nicht im Ofen selbst erfolgen kann, so muß dieser Vorgang in der Pfanne ausgeführt werden. Die Kohlung geschieht durch gemahlene Koks, welche in abgewogener Menge in Papierdüten enthalten sind und während des Abstiches in die Pfanne geworfen werden, und zwar von einem schwebenden Gerüste vor der Abstichseite des Ofens, welches nach der Hütte zu leicht horizontal bewegt werden kann. Von demselben Standpunkte aus wird auch das ebenfalls vorher abgewogene und in stark angewärmten Stücken bereit liegende Ferromangan in das flüssige Eisen befördert. Ist der Abstich vollendet, so wird auf das in der Pfanne befindliche flüssige Eisen Kohlenstaub geworfen, welcher aus den Essenzügen gewonnen war, um die Wärmeausstrahlung zu vermindern. Statt des Kokskleins benutzt man auch Anthrazit, und zwar verwendet man 25 %, auch wohl mehr, kurz so viel als dem Kohlungsgrad entspricht, nachdem man erfahrungsmäßig genau den unvermeidlichen Abbrand daran festgestellt hat. An Ferromangan wurden bei der beschriebenen Hitze 5,5 kg auf die Tonne Stahl verwendet. Nachdem das Schwebegerüst, welches während des Abstichs und während des Einwerfens von Kohle und Ferromangan etwa um 1 m vom Ofen abgerollt war, wieder angeschoben ist, wird das Stichloch zugemacht, wobei der Ofen etwa um 10° nach vorn gekippt ist. Ist dann bei gerade stehenden Ofen die vorher beschriebene Ausbesserung vollendet, sind die Oxydationsmittel eingeführt und soll darauf das frische Roheisen eingesetzt werden, so kippt man den Ofen wieder um etwa 10° nach vorn. Hierauf wird die mit feuerfester Masse ausgefütterte Rinne von dem Rollkrane erfaßt und in eine der Einsetzöffnungen gelegt, und zwar der Regel nach nicht in die mittleren sondern in eine seitliche, um durch die Mitteltür den Verlauf gut beobachten zu können.

Häufig werden Proben genommen, so gleich nach der Ausbesserung, welche auf den Abstich folgt, vor dem Einsetzen der zweiten Pfanne Roheisen und dann mehrfach vor dem Abstich und zwar vor dem Einsetzen des Hämatit-Roheisens und nachher. Die Probe wird in eine zweiteilige Form gegossen und sogleich nach dem Erstarren unter dem Hammer ausgebreitet. Die Risse an den Rändern und im Bruche ein grob krystallinisches Gefüge sind, wie überall, ein Beweis eines zu hohen Phosphorgehaltes.

Den Phosphorgehalt der Proben bestimmt man indessen auch stets vorläufig in der Hütte in einer sehr einfachen Weise. Es werden mit einem Handradbohrer Späne aus dem ausgeplätteten, gehämmerten Kuchen entnommen. Davon werden auf einer kleinen Wage 2 g abgewogen, und es wird der auf der Wagschale etwa vorhandene Überschuß mit einem schwachen Magneten abgenommen. Die 2 g Eisen werden in etwa 500 ccm Salpetersäure von 1,42 spezifischem Gewicht gelöst, mit 400 g Ammoniumnitrat versetzt und auf 1 l verdünnt. Dann gibt man dazu eine Lösung, welche auf 80 g Ammoniummolybdat 100 g Ammoniumnitrat enthält und ebenfalls zu einem Liter verdünnt ist, dazu. Das aus beiden entstandene Gemisch wird gut umgeschüttelt und nach der gelben Farbe, die mit einer Normal-Lösung verglichen wird, der Phosphorgehalt beurteilt. Die Normal-Lösung enthält in 1 l 0,07 % Phosphor. Eine dunklere Färbung als die der Normallösung erfordert Fortsetzung der Entphosphorung.

Nach dem Einsetzen des letzten flüssigen Roheisens wird auf eine sehr einfache aber gute Weise durch einen zweimal umgebogenen Stab die Stärke der Schlackendecke gemessen. Das Ende *a* des Stabes liegt an einem mit Einteilung versehenen vertikalen Stabe an, und da der Stab mit dem anderen Ende *b* auf dem Eisenbade schwimmt, so erhält man die Dicke der Schlackendecke. Ist zu viel Schlacke im Ofen, so wird die nötige Menge durch Kippen des Ofens in eine unter der Ofensohle befindliche Pfanne abgekippt.

Fig. 9.

Wenn man zum Ablassen der Schlacke den Ofen nach vorn kippt, so muß an den drei Öffnungen je eine Brücke gemacht werden. Sie wird aus Dolomit hergestellt, der durch längeres Liegen an der Luft Wasser angezogen hat, daher zwar zum eigentlichen Futter unbrauchbar geworden, wohl aber sehr geeignet für diese Brücke ist. Der Wechsel des Gases von rechts und links findet alle 20 Minuten statt.

Zahlreiche andere Hitzen, welche der Verfasser Gelegenheit hatte zu beobachten, gaben immer eine Dauer von rund 6 Stunden reichlich.

Die Blöcke, die gegossen werden, wiegen der Regel nach 1 t, nur ausnahmsweise 3 t. Für die 1-Tonnenblöcke sind geheizte Ausgleichgruben vorhanden. Auf der einen Seite der zusammenhängenden Kammern befindet sich ein Rost mit Dampfstrahlgebläse, von dem aus die Flamme durch alle Kammern geblasen wird. Es ist also mit anderen Worten nur ein langer Ofen vorhanden, der durch Gewölbebogen in mehrere Kammern geteilt ist.

Bemerkenswert ist, daß außer dem Talbotofen noch sieben feststehende Martinöfen von 25—40 t Fassung vorhanden sind, in denen der Abfall des Werkes und ferner angekaufter Schrott mit etwa 70 % Roheisen verschmolzen wird. Die größeren machen 8 Hitzen in der Woche, während der Talbotofen 36 Hitzen macht. Auch bei ihnen wird in der Pfanne gekohlt. Es wird das 0,01—0,05 % haltende weiche Flußeisen mit Ferromangan versetzt. Das gesamte Flußeisen wird hauptsächlich auf Schiffs- und Brückeneisen verarbeitet; ich sah z. B. 40 m lange Winkeleisen walzen. Ein elektrisch beweglicher kleiner Wagen stellt die verschiedenen Längen des zu schneidenden Eisens nach Maß für die Säge selbsttätig ein.

Ausbreitung des Talbot-Verfahrens.

Das Talbot-Verfahren hat sich nicht sehr schnell verbreitet. Das liegt weniger daran, daß man an seinem guten Erfolge zweifelt, als daran, daß die Anlage teuer ist und nur für große Erzeugungsmengen paßt.

Außer in Frodingham, wo gegenwärtig der eine 100 Tonnen-Ofen arbeitet und der Bau eines zweiten vorbereitet ist, bestehen noch vier Anlagen mit großen Öfen, davon zwei mit Öfen zu 160, zwei mit Öfen zu 175 t und etwa 6 kleinere für je 100 t.

igitized by Google

Am meisten Erfolg scheint man außer in Frodingham in Pittsburg bei der Jones & Laughlin Steel Company gehabt zu haben, wo man 1600 bis 1700 t Flußeisen in der Woche in einem Ofen darstellt und so zufrieden ist, daß drei oder vier weitere Talbot-Öfen erbaut werden sollen. Man will dann 325 000 t jährlich darstellen. Als Brennstoff dient Erdgas.

Der neueste Ofen in Cardiff (Süd-Wales) ist im Lichten 10,5 m (34' 6" engl.) lang und 4,4 m (14' 6") breit und verarbeitet saures Bessemerroheisen von 0,1 % Phosphor. Hier ist der Ofen um die Mittelachse, welche durch die ebenso gelegene Gasöffnung geht, drehbar.

Im Bau des Ofens sind wesentliche Veränderungen im Laufe der Zeit (d. h. seit dem Jahr 1900) nicht vorgenommen worden, dagegen hat sich der Prozeß wesentlich anders gestaltet, als im Anfange. Man hatte ursprünglich nur einen Siemens-Prozeß im Kippofen im Auge, d. h. man setzte Erze und andere Oxydationsmittel in das flüssige Roheisen ein. Jetzt verfährt man ganz anders. Der im Ofen zurückgebliebene Teil des Flußeisens, welcher nahezu ganz entkieselt und besonders sauerstoffhaltig ist, wird durch Einsatz von Oxydationsmitteln (Hammerschlag usw.) mit Sauerstoff überladen und so in ein an sich unbrauchbares sauerstoffreiches Eisen umgewandelt*).

Wenn jetzt auf dieses Bad das frische Roheisen kommt, so wird eine sehr schnelle Entkohlung herbeigeführt und die ungemein reichliche Entwicklung an Kohlenoxyd, welche im Ofen vorhanden, genügt, um in diesen Zeit jede äußere Feuerung zu entbehren; das Verfahren kommt also dann dem Bessemerprozeß nahe.

Der Vorteil dieser Art der Arbeit ist eine sehr große Abkürzung der Frischzeit welche, wie gesagt, bequem auf fünf bis sechs Stunden herabgedrückt werden kann, und große Ersparnis an Brennstoff.

Mitteilungen Anderer über das Talbot-Verfahren.

Die Erfahrungen, welche in Pencoyd gemacht sind, hat B. Talbot in den Verhandlungen des Iron and Steel Institute im Mai 1903 niedergelegt**). Der dort damals seit drei und einem halben Jahre im Betrieb stehende Ofen hatte noch denselben Herd. Der Ofen faßt 60 bis 65 t, verarbeitet im Kuppelofen eingeschmolzenes Roheisen von 0,7 % Phosphor und hat 10 m lichte Länge und 2,7 m Breite, so daß er also einem gewöhnlichen feststehenden Martinofen von 30 t entspricht.

Im allgemeinen benutzt man ein Roheisen von hohem oder mittlerem Phosphorgehalt, da der Ofen unbedingt basisch ausgefüttert sein muß. Ein saures Futter würde nicht halten. Das gilt auch da, wo man ein phosphorarmes Roheisen verwerten muß.

*) Der Kgl. Bergakademie in Berlin ist eine Sammlung der Produkte aus den einzelnen Stadien des Prozesses zugesagt worden, und man wird dann das bisher noch nicht hinreichend erforschte Oxydationsverhältnis feststellen können. Mir scheint, das man das so oxydierte Eisen als ein Gemisch von Eisen und Eisenoxyden niedriger Oxydationstufe, wahrscheinlich Fe_6O_7, wird ansehen müssen.

**) Vgl. auch Stahl und Eisen 1903, S. 682, ferner 1900 S. 263 und 564.

Die mittlere Zusammensetzung ist z. B. in Pittsburg:

4,0 % Gesamtkohlegehalt,
1—1,25 - Silicium,
0,1 - Phosphor,
0,61 - Mangan,
0,09 - Schwefel.

Auch hier wird der Ofen Sonnabend Nacht mit Schrott und festem Roheisen bis auf 150 t besetzt. Dann wird Sonntag Morgen flüssiges Roheisen eingesetzt und dieses oxydiert. Das ist also der frühere, aber jedenfalls unvollkommenere Prozeß. Indessen konnte man infolge der Größe des Ofens doch recht schnell arbeiten, denn nach der Quelle*) wurde alle 4½ Stunden ein Abstich von 40—50 t gemacht. Das Flußeisen hatte 0,15—0,40 % Kohlenstoff. Man brauchte an trockenem Eisenerz und Glühspan 13,5 % des flüssigen Roheisens. Der Ferromanganzusatz betrug 5,4 kg auf 1 t Flußeisen. Das Gesamtausbringen betrug 100,7 %.

Über Frodingham teilt Talbot aus dem Oktober des Jahres 1902 folgendes mit**):

Einsatz	Gewicht		Kilogramm auf 1 t Blöcke
	Tonnen	Kilogramm	
Schrottt	50	.	81,0
Flüssiges Roheisen	502	.	814,5
Kaltes -	39	900	64,5
Ferromangan	3	550	5,5
Zusammen	595	450	975,5
Glühspan	134	950	219,0
Erz	18	800	30,0
Zusammen	153	750	249,0
Gebrannter Kalk	44	400	69,0

Ausbringen	Gewicht		Prozente
	Tonnen	Kilogramm	
löcke	616	750	103,52
Abfall	7	800	1,35
Zusammen	624	550	104,87
Schlacken	130	400	21,00

*) On the development of the Continous open-hearth process. Iron and Steel Inst. 1903. Früher hatte man bei Anwendung flüssigen Roheisens gerade sehr lange Zeitdauer des Vorgangs beobachtet.

**) Da es nicht auf ganz genaue Zahlen ankommt, sind die englischen tons = den deutschen Tonnen, und das englische Hundredweight (cwt) = 50 kg gesetzt.

Digitized by Google

E. Holz, früher Generaldirektor in Witkowitz (Mähren), hat in der Eisenhütte „Oberschlesien“ am 1. Dezember 1901 einen Vortrag gehalten*), in dem er einen Vergleich des Talbot-Verfahrens mit dem in Witkowitz angewendeten Verfahren des Entsilicirens in der Birne und des Entphosphorns und Entkohlens im feststehenden Martinofen zieht. Er bemerkt zuerst, daß die Arbeitsmethode Talbots sich von jener wesentlich dadurch unterscheide, daß man den Martinofen beständig mit Metall gefüllt erhält und immer nur Teilmengen von fertigem Stahl oder Flußeisen abgießt, welche durch neue Zusätze flüssigen Roheisens ersetzt werden.

Die Anwendung eines Kippofens sei daher die Grundbedingung der Arbeit nach Talbot.

Der von Holz in Pencoyd besichtigte Ofen faßte 75 t; er wurde mit 60 t Einsatz betrieben. — Das Roheisen wurde, da das Werk keine Hochöfen hat, im Kuppelofen umgeschmolzen.

Die Arbeit beginnt Sonntag Abend und schließt am Samstag Nachmittag ab. — Der in Hitze gebrachte Ofen wird zunächst mit 50 % flüssigem Roheisen und 50 % Schrott gefüllt und dieser Einsatz wie gewöhnlich mit gebranntem Kalk und etwas Erz zu Flußstahl oder Flußschmiedeisen verarbeitet. — Ist die Hitze fertig, so entnimmt man dem Ofen 20 t Metall und ersetzt diese durch flüssiges Roheisen und eisenreiche Zuschläge, also Erze (57 % metallisches Eisen, angeblich 14 % Apatit) Walzsinter, Schlacke vom basisch zugestellten Schweißofen, sowie gebrannten Kalk. — Der Zusatz von Erz, Schlacke und Walzensinter, welche beide letztere sehr eisenreich sind, beträgt etwa 28 %.

Die Vorteile des Verfahrens, welches offenbar noch das ältere Talbot-Verfahren war, sind nach Holz:

1. Ein wesentlich größerer Prozentsatz des Eisens wird aus den Erzen und dem Hammerschlag reduziert als beim gewöhnlichen Erzprozeß.

2. Der Ofen ersetzt den Roheisenmischer — und zwar bietet er die Vorteile eines geheizten Mischers.

3. Die Schonung der Ofeneinmauerung beim Vollhalten des Ofens mit flüssigem Metall ist ein sehr günstiger Umstand.

4. Der Brennstoffaufwand ist durch den ununterbrochenen Betrieb sowohl, als durch die energische Reaktion zwischen den Metalloxyden und den Metalloiden des Roheisens, welche im Bade vor sich geht, sehr günstig beeinflußt.

Man hat die Erfahrung, daß je höher die Temperatur gehalten wird, desto besser der Erzreduktionsprozeß vor sich geht. — Von der Oxydation des Bades durch den überschüssigen Sauerstoff der Flamme ist abgesehen. Sie wird auch durch die hohe Schlackendecke verhindert. — Als einen Übelstand bezeichnet Holz die Tatsache, daß beim Eingießen des Roheisens in den Kippofen eine so heftige Reaktion vor sich geht, daß die Verbrennung des Kohlenstoffs unvollständig ist. — Diese Schlußforderung ist nach den Beobachtungen des Verfassers in Frodingham nicht zutreffend, sondern gerade als Vorteil zu bezeichnen.

*) Stahl und Eisen 1902.

Es war nicht beabsichtigt, einen Vergleich zwischen dem Talbot-Verfahren und den anderen, das gleiche Ziel verfolgenden Verfahren zu ziehen, sondern nur das Talbot-Verfahren eingehend zu schildern. Daher soll auch aus den Angaben von Holz hier nur noch die Kostenrechnung in einem Talbot-Ofen mitgeteilt werden.

Erzeugung 659,08 t Blöcke in einer Woche.

Aufwand:

	t	t		ℳ		ℳ
Roheisen flüssig	605,10	607,98	zu	57	. . .	34 653,70
dasselbe fest	2,88					
Schrott		22,98	-	50	. . .	1 134,00
Erz	79,00					
Walzensinter	70,12	172,40	-	24	. . .	4 139,76
basische Schweißofenschlacke	22,68					
Vergaserkohle		164,77	-	9	. . .	1 482,93
Dampfkessel (geschätzt) . .		65,90	-	6	. . .	395,40
Ferromangan		2,85	-	200	. . .	570,00
Silicospiegel		1,08	-	150	. . .	154,80
						ℳ 42 530,20

	t	ℳ	ℳ		
ab Schrott	13,80	zu 50	= 690,00	. . . . .	1 566,54
- Schlacke	125,22	- 7	= 876,54		
					ℳ 40 963,75

Die Dauer der Hitze war durchschnittlich 8 Stunden.

Sehr lehrreich sind die Berechnungen von Holz über das Ausbringen des eingesetzten Metalls im Talbot-Ofen.

Das Ergebnis des Talbot-Ofens ist nach ihm folgendes:

Eingesetzt: 706,0 t metall. Eisen.
Ausgebr.: 670,8 -, also verschlackt
35,2 -.

Der Eisengehalt der 172,4 t eisenreicher Zuschläge beträgt 104,2 t.

Es sind also Roheisen und Schrott, sowie 69 t Eisen aus Erz, basischer Schweißschlacke und Walzsinter reduziert worden, d. h. nicht weniger als 63,8 % des in diesen Zuschlägen enthaltenen Eisens.

Auf 100 Teile in Form von Roheisen und Schrott eingesetzten metallischen Eisens sind 111,6 Teile ausgebracht, auf 100 Teile eingesetzten Roheisens und Schrott 106,7 Teile.

Schließlich kommt Holz auf die Verbrennung des Mangans und der Metalloide des Roheisens im Talbot-Ofen. — Unter Berücksichtigung des Abbrandes im Kuppelofen berechnet er den Einsatz mit 17,05 t C, 4,56 t Si, 5,49 t P und 2,49 t Mn in einer Woche. — Zur vollständigen Verbrennung der Metalloide und zur Oxydation des Mangans zu Oxydul wären 58,47 t Sauerstoff nötig. — Dem entgegen halten die dem Prozeß zugeführten Zuschläge nur 41,84 t an disponiblem Sauerstoff. — Es ist also ein Fehlbetrag von 16,63 t. — Der aus gedachten Quellen stammende Sauerstoff reicht also nur zur teilweisen Verbrennung des Kohlenstoffs. — Das weist nach Holz darauf hin,

Digitized by Google

größere Öfen als von 60 t Fassung zu bauen und diese mit verhältnismäßig höheren Erzsätzen als 27,8 % vom eingesetzten Eisenmaterial zu betreiben. — Das hat man sich tatsächlich zur Lehre dienen lassen, wie die oben angeführten großen Öfen zeigen.

H. Illies*) führt einzelne kippbare Öfen in Amerika, so bei der Alabama Steel and Shipbuilding Co., der Pennsylvania and Illinois Steel Co. an. Nach seiner Ansicht werden die Vorteile derselben durch die Mehrkosten, weniger der Anlage als der Unterhaltung, sowie der häufigen durch den maschinellen Teil veranlaßten Betriebsstörungen aufgewogen. — Trotzdem hat die Pennsylvania Steel Co. in Sheelton sechs 50 t Kippöfen, welche sich sehr bewährt haben und zur vollsten Zufriedenheit arbeiten sollen.

Surzycki**) hat dasselbe Werk, welches der Verfasser studiert hat, in Frodingham besichtigt und kommt zu folgendem Ergebnis.

Das ununterbrochene Verfahren bietet:

1. eine hohe Leistung, indem es in etwa 3 Stunden eine Erzeugung von 25 t Flußeisen ermöglicht,

2. eine vorteilhafte Ausnutzung der Wärme, da sich der Ofen während des Ladens nicht abkühlt,

3. die Möglichkeit, Roheisen ohne Schrottzusatz zu verarbeiten und

4. eine Verminderung der Belegschaft des Ofens, indem die zum Laden des Schrottes notwendigen Arbeiter überflüssig werden.

Schlußfolgerungen.

Das Talbot-Verfahren bildet schon an sich gegenüber dem ihm am nächsten kommenden älteren Siemens-Verfahren einen wesentlichen Fortschritt, ist aber in seiner jetzt ausgebildeten Ausführung eine so wichtige Neuerung, daß es alle Beachtung von seiten des deutschen Eisenhütten-Gewerbfleißes verdient.

Ich habe deshalb das Verfahren auch ausführlich beschrieben, damit sich jeder Fachmann ein eigenes Urteil bilden kann. Das Studium des Verfahrens und der dabei benutzten Vorrichtungen ist mir in Frodingham durch das liebenswürdige Entgegenkommen des Herrn B. Talbot und dessen Vertreter Herrn Twynam, des Direktors des Hüttenwerks Herrn Mannaberg und des Leiters des Martinwerkes Herrn A. Crooke sehr erleichtert worden und es sei hier allen diesen Herren der besondere Dank ausgesprochen.

Der Einführung des Verfahrens stehen meiner Ansicht nach nur folgende Bedenken entgegen:

1. Die Erbauung des Ofens und seines Zubehörs ist kostspielig.

2. Der Ofen kann nur bei großem Fassungsraum nutzbar sein, verlangt daher den sicheren Absatz einer großen Produktion.

3. Man kann in dem Ofen keinen sogenannten Qualitätsstahl bereiten, d. h. einen Stahl von ganz scharfer Zusammensetzung, da sich Kohlung und Desoxydation nicht

*) Stahl und Eisen 1902 Seite 645.
**) Stahl und Eisen 1903 Seite 170.

Digitized by Google

im Ofen, sondern nur in der Gießpfanne vollenden lassen. Wollte man Sonderstahl bereiten, so müßte man das entkohlte Eisen in einen zweiten Ofen abstechen und darin fertig machen.

Dagegen stehen diesen Bedenken folgende Vorteile gegenüber:

1. Billige Arbeit infolge geringen Brennstoffverbrauchs, weil erstens der Ofen stets heiß bleibt, weil zweitens, wie beim Bessemern, die intermolekulare Verbrennung einen großen Teil der nötigen Wärme liefert, und ferner infolge der Tatsache, daß bei richtiger Anordnung nur sehr wenige Arbeiter erforderlich sind.

2. Bei gleichen Einsatzstoffen ein für Massenprodukte (Winkeleisen, Doppel-T-Träger, Eisenbahnschienen) ausreichend gleichmäßige und durch Erfahrung bald zu erreichende Erzeugung einheitlich zusammengesetzten Produkts.

3. Ersparnis von Schrott, für dessen Verarbeitung allerdings wohl, wenn die Abfälle des Werkes bedeutend sind, ein gewöhnlicher feststehender Ofen eintreten muß, und der im Talbotofen nur beim Beginn der Woche zweckmäßige Verwendung findet.

4. Die Möglichkeit, ein Roheisen von mittlerem Phosphorgehalt (0,1 bis 1,5 % P.) und mäfsigem Siliciumgehalt verarbeiten zu können, ohne mehrere Öfen oder Ofenarten benutzen zu müssen.

5. Lange Dauer des Ofenfutters ohne nennenswerte Ausbesserungen, leichte Reinigung der Gas- und Luftzüge.

6. Gewinnung phosphorreicher Schlacke durch teilweises Abgießen.

Über den Reibungskoeffizienten für keilförmiges Profil der Reibungsflächen.

Von **Anton Böttcher**, Ingenieur in Hamburg.

Für den Reibungskoeffizienten bei Anordnung keilförmiger Profile der Berührungsflächen findet man allgemein die Formel in Benutzung:

$$\mu_1 = \frac{\mu}{\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha}, \qquad (1)$$

worin μ den Reibungskoeffizienten für ebene Flächen und α den halben Keilwinkel bedeutet. Die Formel dient der Berechnung von sogenannten Keilrädern für Transmissions- und Bremszwecke nach der zwischen der übertragbaren bezw. abzubremsenden Umfangskraft R und dem Radialdruck P bestehenden Beziehung:

$$R = P \cdot \mu_1.$$

Im folgenden sollen die bei Verwendung von keilförmigen Profilen auftretenden Reibungs-Verhältnisse eingehend untersucht werden, weil die obige Formel 1 nicht ganz einwandfrei erscheint und vielfach besser durch die einfachere und für praktischen Gebrauch handlichere Formel

$$\mu_1 = \frac{\mu}{\sin \alpha} \qquad (2)$$

ersetzt wird.

Den Untersuchungen ist die Keil-Anordnung Fig. 1 zu Grunde gelegt:

Der Keil A, welcher unter der Einwirkung der Kraft P steht, legt sich mit seinen Druckflächen gegen zwei Gleitklötze B_1 und B_2, welche, in entsprechend angeordneten Schlitten geführt, durch nachstellbare Preßfedern gegen die Flanken des Keiles A gepreßt werden. Die Schlittenführungen der Gleitklötze sollen so ausgeführt sein, daß Klemmungen nicht auftreten können. Die Federn sollen stets so gespannt sein, daß, entsprechend der zur Richtung von P symmetrischen Anordnung der Keilflächen, die Federkräfte F_1 und F_2 einander gleich sind.

$$F_1 = F_2 = F.$$

Wenn keine Reibung auftritt, so ist der Gleichgewichtszustand durch das Diagramm Fig. 2 gegeben:

$$F = N = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha}. \qquad (3)$$

Überschreitet F den Gleichgewichtswert von N, so wird der Keil von den Gleitklötzen herausgedrängt, wird F kleiner, als der Gleichung 3 entspricht, so drängt umgekehrt der Keil die Gleitklötze zurück. Tritt zu dem System der Kräfte P, F_1, F_2

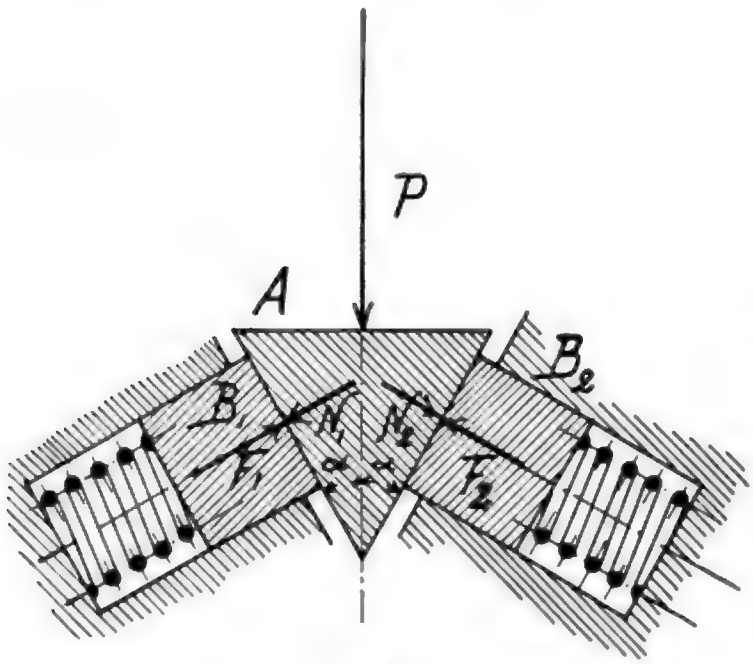


Fig. 1.

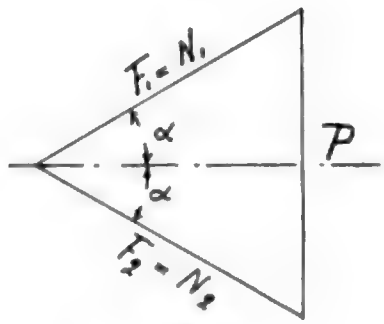


Fig. 2.

eine neue Kraft, welche senkrecht zur Ebene dieses Systems steht (also senkrecht zur Ebene der Fig. 1), so bewegt sich der Keil in Richtung seiner parallelen Kanten durch die Gleitklötze hindurch, ohne daß das im Gleichgewicht befindliche Kräftesystem alteriert wird.

Bei Berücksichtigung der Reibung ändern sich die Verhältnisse wesentlich. Zur Vereinfachung der nachstehenden Untersuchungen soll, weil dadurch das Endresultat unbeeinflußt bleibt, angenommen werden, daß der Reibungskoeffizient der Ruhe den gleichen Wert hat, wie der Reibungskoeffizient der Bewegung.

Bei der in Fig. 1 angegebenen Vorrichtung entsteht Reibung an den Berührungsflächen zwischen dem Keil und den Gleitklötzen und an den Führungen der Gleitklötze selbst.

Wenn P zunimmt, so treten an den Berührungsstellen folgende Erscheinungen auf (Fig. 3):

Die Gegenkraft der Feder F_2 erzeugt an der Fläche $a_2 b_2$ eine Reibung $F_2 \cdot \mu$, welche der durch das vergrößerte P gegebenen Bewegungstendenz entgegengesetzt gerichtet ist.

Digitized by Google

Hierdurch ist die Kraft bestimmt, welche zur Überwindung von F_2 und $F_2 \cdot \mu$ aufzuwenden ist, um Bewegung einzuleiten. Der Gleitklotz selbst wird mit der Kraft $F_2 \cdot \mu$ gegen seine Führung nach unten gepreßt und setzt seiner Bewegung den Wider-

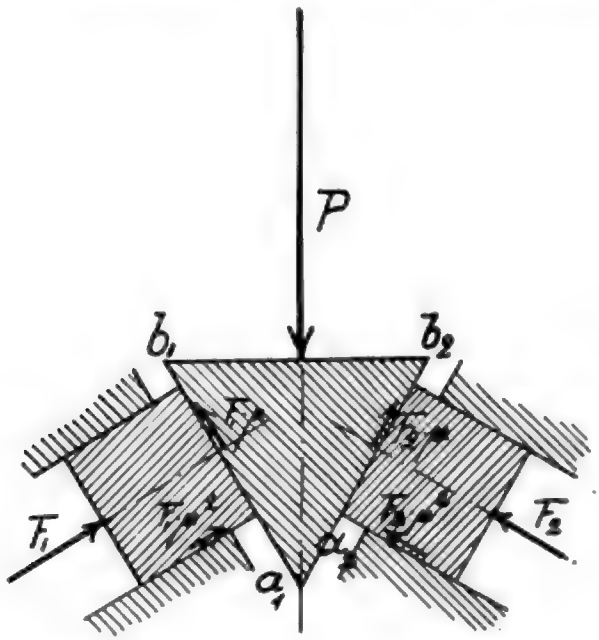


Fig. 3.

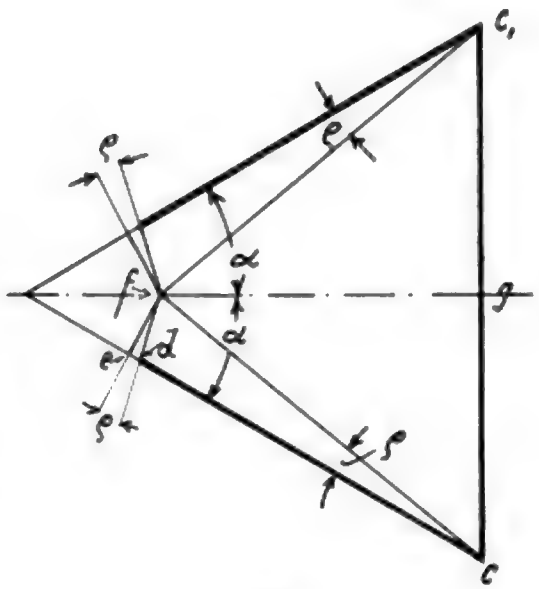


Fig. 4.

stand $F_2 \cdot \mu^2$ entgegen. Bei dem Gleitstück B_1 ergeben sich mit Rücksicht auf die zur Richtung von P symmetrische Lage gleiche Kräfte. Hiernach entwickelt sich der Kräfteplan wie folgt (Fig. 4):

$$\sphericalangle\, g\,c\,d = 90° - \alpha$$

$$c\,d = F_2$$

$$d\,e = F_2 \cdot \mu^2$$

so daß

$$c\,e = F_2 + F_2 \cdot \mu^2$$

$$e\,f \perp c\,e,\ \sphericalangle\, e\,c\,f = \varrho,\ \sphericalangle\, e\,f\,d = \varrho$$

$$(\operatorname{tg} \varrho = \mu).$$

Mit $f\,g \perp g\,c$ ist die Symmetrielinie des Kräfteplans gegeben. Die Lage des Punktes f, welche von dem Reibungskoeffizienten abhängig ist, läßt dessen Einfluß deutlich erkennen.

Die Strecke $c\,c_1$ stellt die Kraft P dar, welche zunächst in zwei Komponenten $c\,f$ und $c_1\,f$ sich zerlegt, um nach Überwindung der Reibungs-Widerstände $e\,f$, $e\,d$ und $e_1\,f$, $c_1\,d_1$ den Druck $c\,d = F_1$ bezw. $c_1\,d_1 = F_2$ auf die Federn zu äußern.

Bei gegebener Druckkraft P gestattet das Diagramm ohne Schwierigkeit, den Einfluß der Reibung auf die Kraft-Verteilungs-Verhältnisse zu untersuchen. (Fig. 5).

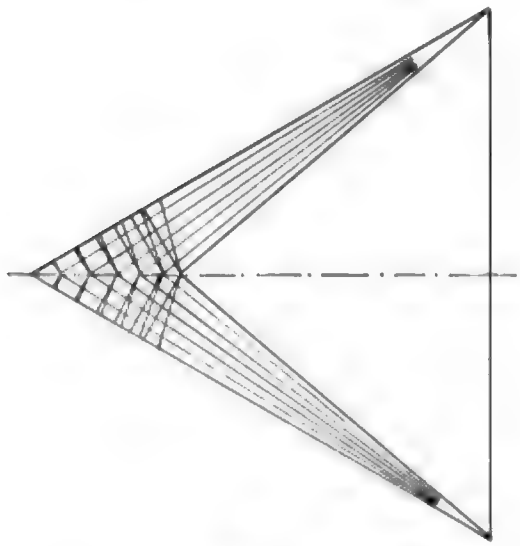


Fig. 5.

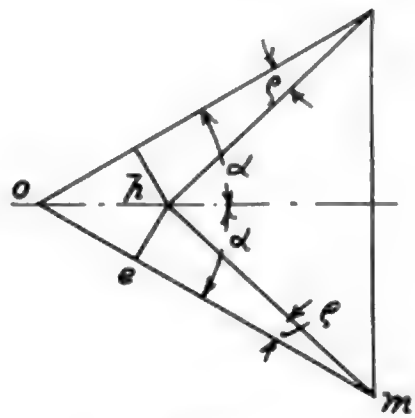


Fig. 6.

Wenn, wie es in der Praxis meist geschieht, die Beträge

$$e\,d = e_1\,d_1 = F \cdot \mu^2$$

vernachlässigt werden, so ergibt das Diagramm die bekannte Beziehung der Gleichung 1 (Fig. 6):

Es ist

$$m\,o = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha}$$

$$e\,h = m\,e \cdot \operatorname{tg} \varrho = F_2 \cdot \operatorname{tg} \varrho$$

$$o\,e = e\,h \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = F_2 \cdot \frac{\operatorname{tg} \varrho}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$F_2 = m\,o - o\,e = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{F_2 \cdot \operatorname{tg} \varrho}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Hieraus wird

$$F_1 = F_2 = \frac{P}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha + \operatorname{tg} \varrho \cdot \cos \alpha}$$

$$= \frac{P}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} \qquad (4)$$

Da Bewegung des Keiles in Richtung von P eingeleitet ist, so wird die entstehende Reibung

$$R = F_1\,\mu + F_2\,\mu = \frac{P \cdot \mu}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}. \qquad (5)$$

Das gleiche Resultat wie der Kräfteplan ergibt die Arbeitsgleichung für einen gegebenen Weg s der Kraft P (Fig. 7).

Digitized by Google

Es ist die Arbeit von P

$$A_1 = P \cdot s$$

und die Arbeit der Widerstände

$A_2 = 2\,N \cdot \mu \cdot s \cdot \cos\alpha$ an den Flächen $a\,b$
$A_3 = 2\,N \cdot \mu^2 \cdot s \cdot \sin\alpha$ an den Flächen $c\,d$
$A_4 = 2\,N \cdot s \cdot \sin\alpha$ Arbeit von N.

Das Gleichgewicht fordert

$$A_1 = A_2 + A_3 + A_4$$

d. h. $$P \cdot s = 2\,[N \cdot \mu \cdot s \cdot \cos\alpha + N\mu^2 \cdot s \cdot \sin\alpha + N \cdot s \cdot \sin\alpha].$$

Bei Vernachlässigung des Gliedes mit $N \cdot \mu^2$ wird

$$P = 2\,N(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

wie mit entsprechender Bezeichnung oben (Gl. 4).

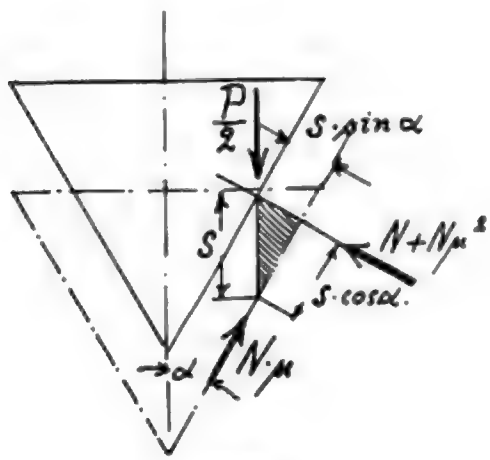


Fig. 7.

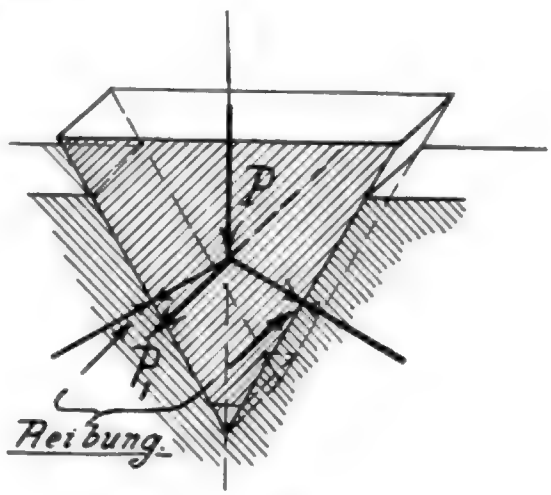


Fig. 8.

Die nach Gleichung 5 bestehende Beziehung gilt nur, wenn die vorausgesetzte Bewegung des Keiles in Richtung von P (Fig. 1) vor sich geht. Für die Praxis interessiert jedoch besonders der Fall, daß die Bewegung des Keiles nicht in Richtung von P, sondern in der Richtung der parallelen Kanten des Keiles (d. h. senkrecht zur Bildfläche der Fig. 1) verläuft (Bremsscheiben, Friktionskeilräder) und für diesen Vorgang liegen die Verhältnisse anders, als Gleichung 5 ergibt. Die Gleitflächen brauchen hier nicht, wie in Fig. 1, ausweichbar zu sein. Unter dem Einfluß der Kraft P (Fig. 8) entstehen die Normaldrücke auf die Keilflächen

$$N_1 = N_2 = \frac{P}{2 \cdot \sin\alpha}.$$

Wenn, wie in Fig. 8, keine Bewegungstendenz vorhanden, entspricht diese Gleichung vollständig dem vorhandenen Gleichgewicht. Wird nunmehr durch eine

Digitized by Google

neue, in Richtung der parallelen Keilkanten (d. h. senkrecht zur Ebene der Fig. 8) wirkende Kraft P_1 eine Bewegungstendenz hervorgerufen, so tritt entgegen der Kraftwirkung ein Widerstand auf

$$W = 2 \cdot N \cdot \mu = \frac{P \cdot \mu}{\sin \alpha} = P \cdot \mu_1, \qquad (6)$$

welcher von P_1 zu überwinden ist, bevor Bewegung eintritt. Der Kräfteplan für dieses räumliche System ist in Fig. 9 wiedergegeben.

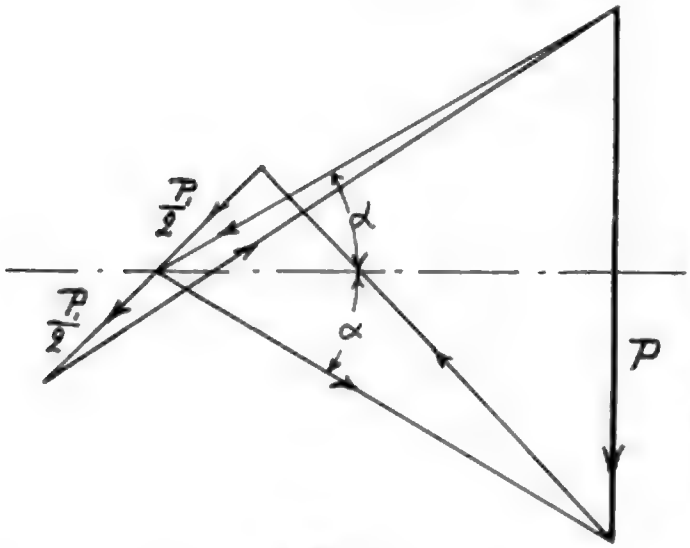


Fig. 9.

Nachdem bei den Keilrädern für Brems- und Kraftübertragungszwecke die Relativbewegung der sich berührenden Flächen stets tangential verläuft, während die Pressung radial gerichtet ist, so kann für die Berechnung der abgebremsten resp. übertragenen Umfangskräfte nur Gleichung 6 in Frage kommen. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich wie bei dem konischen Spurzapfen (vergl. Bach, Maschinen-Elemente, 8. Aufl. S. 398—99).

In welchen Grenzen sich die Werte bewegen, welche nach Gleichung 1 bezw. Gleichung 6 sich für μ_1 ergeben, geht aus nachstehender Tabelle hervor.

für μ	wird		halber Keilwinkel α				
			10°	15°	20°	25°	30°
= 0,05	μ_1	Gl. 1	0,022	0,038	0,052	0,057	0,054
		Gl. 6	0,288	0,193	0,146	0,118	0,100
0,10	μ	Gl. 1	0,366	0,280	0,229	0,194	0,170
		Gl. 6	0,500	0,386	0,292	0,236	0,200

Die Abweichungen sind für kleine Keilwinkel ziemlich erheblich. Wenn für mittlere Werte dieselben auch nicht so beträchtlich sind, so läßt doch die Einfachheit der Gleichung 6 gegenüber Gleichung 1 ihre Anwendung für praktische Berechnungen gerechtfertigt erscheinen.

Druck von Leonhard Simion M. in Berlin SW.

Digitized by Google

II. Abhandlungen.

I. Bericht über die mikroskopische Untersuchung der vom Sonderausschufs für Eisenlegierungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleifses hergestellten Legierungen.

Mitteilung aus dem Königl. Materialprüfungsamte, Groß-Lichterfelde-West.

Von **E. Heyn**, Professor.

Aufgrund von Voruntersuchungen, die sich auf die Gesamtreihe der bis zur Zeit zur Verfügung stehenden Eisennickellegierungen erstreckten, stellte es sich als erforderlich heraus, zunächst durch eingehende Untersuchung der nickelfreien Eisenkohlenstofflegierungen mit steigendem Kohlenstoffgehalt eine wissenschaftliche Grundlage für die Weiterarbeit zu gewinnen. Untersuchungen ähnlicher Art sind zwar bereits von Osmond in Paris ausgeführt worden, und ist hierüber in dem Sammelwerk: Contribution à l'Étude des Alliages, Paris 1901. Annexes. Osmond: Méthode générale pour l'analyse micrographique des aciers au carbone berichtet.

Es lag aber trotzdem das Bedürfnis zur Wiederholung im vorliegenden Falle vor und zwar aus folgenden Gründen.

a) Die von Osmond zugrunde gelegten Eisenkohlenstofflegierungen enthielten nicht zu vernachlässigende Mengen Mangan; die mit diesen Materialien gewonnenen Ergebnisse konnten deshalb nicht ohne weiteres als Vergleichsobjekt für die später zu untersuchenden manganarmen Eisennickellegierungen herangezogen werden. Mitbestimmend war hierbei, daß die Osmondschen Ergebnisse, insbesondere bezüglich der Gefügeänderung infolge Abschreckens von englischer Seite (Arnold and M'William: The microstructure of hardened steel. Journal of the Iron and Steel Inst. Mai 1902) in Zweifel gezogen wurden, und daß man hierbei als Haupteinwand gegen die Osmondschen Ergebnisse gerade den in seinen Legierungen vorhandenen Mangangehalt geltend machte. Die vorliegende Untersuchung bestätigt die Osmondschen Ergebnisse in den wesentlichsten Punkten und erweist die von Arnold des öfteren gemachten Einwände als nicht zutreffend.

b) Die von Osmond benutzten Legierungen entsprachen den verschiedensten Verfahren der Herstellung. Im vorliegenden Falle war es aber zum Vergleich für die spätere Untersuchung nötig, Probematerial zu haben, welches nach genau bekannten und möglichst gleichen Verfahren hergestellt und verarbeitet war. Der Verlauf der Untersuchung hat gezeigt, wie berechtigt dieser Gesichtspunkt war; denn ohne die im vorliegenden Bericht niedergelegten Grundlagen wären voraussichtlich im weiteren Verfolg der mikroskopischen Untersuchung der Eisennickellegierungen mancherlei Erscheinungen, die bis dahin nicht bekannt waren, fälschlicherweise dem Einfluß des Nickels zugeschoben worden.

c) Auf einem verhältnismäßig so jungen Gebiete der Wissenschaft, wie die Metallographie, erscheint es zweckmäßig, nicht auf den Schultern anderer Forscher, sondern auf eigenen Fundamenten aufzubauen.

I. Das Probematerial.

Aus der Gesamtreihe der zur Zeit vonseiten des Sonderausschusses hergestellten Legierungen wurden die folgenden herausgewählt:

a) 2, C 13, A 12, B 12, A 11, B 10, B 9, C 9, A 16,
die sämtlich nahezu frei von Nickel sind, und deren Kohlenstoffgehalt von 0,18 bis 2,08 % ansteigt. Zur Ergänzung der Lücken dieser Reihe wurden noch folgende Materialien teilweise mit in die Beobachtung eingezogen:

b) S 636, ein basisches Martinmetall, das von Herrn Brinell dem Amte freundlichst zur Verfügung gestellt wurde, und im geschmiedeten Zustand vorlag,

Schm 16, ein in dem vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes zur Anstellung von Schmelzversuchen beschafften Gasgebläseofen dargestelltes Flußeisen mit einem etwas höheren Mangangehalt, als die Glieder der übrigen Reihe zeigen, um insbesondere die Einwirkung eines derartig geringen Mangangehaltes auf das Gefüge im abgeschreckten Zustande festzustellen,

S 611, ein aus schwedischem Herdfrischeisen erzeugter Zementstahl, welcher dem Amte von der Bismarckhütte, Schwientochlowitz, O.-S., freundlichst zur Verfügung gestellt wurde.

Die chemische Zusammensetzung aller dieser Materialien ist, soweit sie bekannt war, aus der Tabelle I ersichtlich.

Über die Herstellung der Güsse der oben unter a) angeführten Legierungen, sowie über ihre weitere Behandlung durch Schmieden und Walzen geben die Berichte IV, V, VI von Prof. Rudeloff Aufschluß.

Digitized by Google

Tabelle I.

Chemische Zusammensetzung und Vorbehandlung der benutzten Materialien.

Bezeichnung des Materials		Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Phosphor	Schwefel	Kupfer	Nickel und Kobalt	Aluminium
*)S 636.	Basisches Martinmaterial. Von Herrn Brinell zur Verfügung gestellt. Geschmiedet	0,08	0,005	0,08	0,021	0,014	n. b.	n. b.	n. b.
No. 2.	Gegossen	0,13	0,04	0,04	Spur	0,02	0,07	0,06	0,06
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 26 mm	0,11	u. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
	Gewalztes Flacheisen: 20 × 8 mm	0,12	n b.	n. b	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
*)Schm. 16.	Geschmiedet	0,14	0,01	0,21	0,147	0,027	n. b.	n. b.	n. b.
C 13.	Gegossen	0,17	0,02	0,02	Spur	0,03	0,03	0,05	0,11
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 30 mm	0 14	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
A 12.	Gegossen	0,20	0,04	0,04	Spur	0,03	0,01	0,06	0,12
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 40 mm	0,16	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
B 12.	Gegossen	0,39	0,04	0,03	Spur	0,03	0,02	0,05	0,10
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 25 mm	0,34	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
A 11.	Gegossen	0,59	0,06	0,06	Spur	0,02	0,03	0,08	0,08
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 25 mm	0,51	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n b.
B 10.	Gegossen	0,75	0,04	0,04	Spur	0,02	0,03	0,08	0,07
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 25 mm	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
B 9.	Gegossen	0,95	0,04	0,06	Spur	0,02	0,04	0,09	0,07
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 25 mm	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
C 9.	Gegossen	1,05	0,08	0,05	Spur	0,02	0,04	0,07	0,05
	Gewalzter Rundstab: Durchm. 25 mm	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
*)S 611.	Zementstahl (aus schwedischem Herdfrischeisen erzeugt)	1,30	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
A 16.	Gegossen	2,08	0,05	0,12	Spur	0,03	0.01	0,06	0,13

*) Die mit * bezeichneten Materialien entstammen nicht der Reihe der vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes hergestellten Schmelzen. Sie wurden mit zur Untersuchung herangezogen, um die Lücken in der Reihe auszufüllen.

II. Umfang der Untersuchung.

Die Untersuchung bezweckte die Feststellung folgender Verhältnisse:

A) Einfluß der ersten, bei der Erstarrung vor sich gehenden Krystallisation auf das Gefüge. Einschlüsse.

B) Gefüge der Materialien im gegossenen Zustand.

C) Desgl. im geschmiedeten bezw. gewalzten Zustand.

D) Lage der Haltepunkte der einzelnen Legierungen.

E) Gefüge der Materialien im abgeschreckten Zustand; Einfluß der Abschrecktemperatur.

III. Versuchsergebnisse.

A) Einfluß der ersten, bei der Erstarrung erfolgenden Krystallisation auf das Gefüge. Einschlüsse.

Bei der Erstarrung feuerflüssiger Legierungen spielen sich ebenso wie bei der Erstarrung wässriger Lösungen Krystallisationsvorgänge ab.[1]) Einen unmittelbaren Beleg hierfür bieten die in Schwindhohlräumen von gegossenen Eisenkohlenstofflegierungen so häufig beobachteten Tannenbaumkrystalle. In diesen Schwindhohlräumen, die mit Drusenhohlräumen zu vergleichen sind, haben die Krystalle besonders Gelegenheit, sich ohne gegenseitige Störung frei auszubilden. An anderen Stellen des gegossenen Blockes dagegen ist diese freie Ausbildung durch gegenseitiges Ineinanderwachsen der Krystalle verhindert, es bildet sich ein mehr oder weniger dichter Krystallfilz. Ähnlich wie bei der Krystallisation des Eises die Lage und Ausbildung der Krystalle abhängt von der Art der Erstarrung, so findet man bei den Eisenkohlenstofflegierungen meistens Neigung, an den Berührungsflächen mit der eisernen Gußform langgestreckte, senkrecht zur Oberfläche liegende, säulenartige Krystalle bezw. Krystallaggregate zu bilden. Besonders ausgesprochen zeigt dies der Probeblock No. 2'[2]), dessen Bruchfläche in Fig. 1 Taf. I in natürlicher Größe abgebildet ist. Ein Schliff parallel zur Bruchfläche zeigte nach der Ätzung mit Kupferammonchloridlösung die gleiche Erscheinung. Vgl. Fig. 2 Taf. I. (Leider war es unmöglich, aus den Protokollen über die Art der Erstarrung des Blockes und die näheren Verhältnisse Aufschluß zu erlangen. Er entspricht auf Grund der mikroskopischen Beobachtung einem sehr kohlenstoffarmen Eisen). Wesentlich ist die unverkennbare Übereinstimmung zwischen Brucherscheinung und Ätzbild. Die durch das mehr oder weniger innige Aneinanderlegen der bei der ersten Krystallisation entstehenden Krystalle bedingten Trennungsflächen müssen also auf den Verlauf des Bruches bestimmenden Einfluß ausüben. Beachtenswert ist, daß im vorliegenden Falle halbstündiges Glühen des Materials zwischen 900—935° C. und darauffolgende langsame Abkühlung das Gesamtätzbild, wie es Fig. 3 Taf. I in natürlicher Größe wiedergibt, nicht ändert, wenn auch im übrigen Änderungen des Kleingefüges eingetreten

[1]) Vgl. E. Heyn, Die Metallographie im Dienst der Hüttenkunde. Verlag von Graz & Gerlach (Joh. Stettner), Freiberg i. S.

[2]) Ursprünglich mit 2 gestempelt. Um Verwechselung auszuschliefsen, hier mit 2' bezeichnet.

sind. Selbst 8tägiges Glühen bei heller Rotglut vermochte den Einfluß der ersten Krystallisation nicht zu verwischen. Die in den Figuren 2 und 3 Taf. I dargestellten Schliffe wurden mit Kupferammonchloridlösung geätzt und in natürlicher Größe aufgenommen.

Weniger auffällig, wenn auch noch völlig deutlich ist die säulige Anordnung der Krystallaggregate senkrecht zu den Abkühlungsflächen bei Block 2 Fig. 6 Taf. I in $^2/_3$ der natürlichen Größe, nach Ätzung mit Kupferammonchloridlösung zu erkennen. Der Schliff entstammt dem Kopfe des Blockes und enthält in der Mitte den Lunker. Besser ist die strahlige Anordnung in Fig. 7 Taf. I sichtbar, in der die rechts unten gelegene Ecke von Fig. 6 Taf. I in 2,6facher Vergrößerung dargestellt ist.

Wie in Abschnitt III D näher ausgeführt wird, sind mit der Erstarrung des Blockes die im Innern des Materials sich vollziehenden Vorgänge nicht abgeschlossen. Vielmehr finden innerhalb einer zwischen den äußersten Grenzen von etwa 910 bis 700° C. gelegenen Zone durchgreifende Änderungen im inneren Aufbau des Metalles statt, und diese Änderungen ergeben dann das eigentliche unter dem Mikroskop nachträglich beobachtbare Kleingefüge. Man kann sich die Verhältnisse am besten veranschaulichen durch Beobachtung ähnlicher Vorgänge beim Schwefel.

Schmilzt man Schwefel und läßt ihn allmählich erstarren, so bilden sich im Schwindhohlraum und auch an der Oberfläche große spießige Krystalle des monoklinen Schwefels von wachsgelber Färbung. Bei fortschreitender Abkühlung bemerkt man auf der bisher durchscheinenden Masse plötzlich stellenweise auftretende gelbe, undurchsichtige Flecken, die sich kreisförmig vergrößern. Allmählich wachsen sie, es vermehrt sich auch ihre Zahl, bis sie schließlich in ihre gegenseitigen Gebiete übergreifen. Während dieses Vorganges bemerkt man selbst ohne Anwendung eines Thermometers durch bloße Berührung mit der Hand Wiedererwärmung der Masse des Schwefels, also Freiwerden von Wärme. Nach einiger Zeit sind die letzten Reste des ursprünglich wachsfarbigen, durchscheinenden Schwefels verschwunden; die ganze Masse ist gelb und undurchsichtig geworden und besteht aus lauter winzigen Kryställchen des rhombischen Schwefels, die den bei der ersten Krystallisation erfolgten Aufbau völlig überdecken, ohne aber die äußeren Umrisse der ersten Krystalle zum Verschwinden zu bringen. Die ursprünglich beobachteten grobspießigen ersten Krystalle sind jetzt nur noch Pseudomorphosen von rhombischem Schwefel nach monoklinem Schwefel. Die ursprünglich monoklinen, spießigen Krystalle sind umgewandelt in Aggregate einer großen Anzahl winziger rhombischer Kryställchen, die sich völlig den durch die erste Krystallisation gegebenen Raumverhältnissen angeschmiegt haben.

Die bei der Erstarrung der Eisenkohlenstofflegierungen sich bildenden ersten Krystalle, die bis zu einem bestimmten, noch nicht genau ermittelten Kohlenstoffgehalt aller Voraussicht nach Mischkrystalle[1]) von Eisen und Kohlenstoff oder Eisen und einer Eisenkohlenstoff-Verbindung sind, entsprechen den spießigen monoklinen Schwefel-

[1]) Roberts-Austen, Fünfter Bericht der Alloys Research Comm., Engineering 1899, S. 210. — Bakhuis-Roozeboom, „Eisen und Stahl vom Standpunkte der Phasenlehre", Z. f. phys. Chem. 34, 437 (1900). — E. Heyn, „Labile und metastabile Gleichgewichte in Eisen-Kohlenstofflegierungen", Z. f. Electrochemie 1904, S. 499.

krystallen. Bei den zwischen 910 und 700° C. erfolgenden Vorgängen zerfällt die Masse dieser Krystalle in ein inniges Gemenge zweier Gefügeelemente (Ferrit und Perlit — oder Perlit und Cementit), welches die erste Krystallisation überdeckt, ohne sie völlig zu verwischen. Die Reste dieser ersten Krystallisation sind dann besonders deutlich bei Beobachtung mit bloßem Auge oder bei sehr schwacher Vergrößerung zu erkennen. Auch die oben erwähnten Tannenbaumkrystalle erleiden die gleiche Veränderung; nach Abkühlung unter 700° können sie keinen Anspruch auf die Bezeichnung Krystalle mehr machen; sie sind übergegangen in ein Haufwerk zweier Gefügebestandteile, ohne aber die äußere Umgrenzung irgendwie zu ändern. Sie können aufgefaßt werden als Pseudomorphosen eines Gemenges von Perlit und Ferrit, bezw. Perlit und Cementit nach den bei der Erstarrung gebildeten Mischkrystallen.

Fig. 21 Taf. III stellt in 2,7facher Vergrößerung einen Teil eines Querschliffes durch Block A 12 nach Ätzung mit Kupferammonchlorid dar. Die Lage des Schliffs zum Block ergibt sich aus Fig. 1 [1]). *ab* entspricht der Abkühlungsfläche des Blockes; die Reste der strahligen Anordnung senkrecht zu dieser Fläche sind im Gefüge deutlich zu erkennen. Nach *cd* zu verliert sich der strahlige Aufbau. Das Gemenge von Perlit und Ferrit, welches zwischen 910 und 700° C. gebildet wurde, ist in seiner Anordnung von der ursprünglichen stänglichen Krystallisation beeinflußt worden. Senkrecht zur Kante *ab* liegen lange Ferritadern, zwischen denen ein inniges Gemenge von Ferrit und Perlit die Ausfüllungsmasse bildet. Mehr nach der Mitte des Blockes zu verlieren sich allmählich die Ferritadern, es ist nur noch ein wirres Gemenge beider Gefügebestandteile vorhanden.

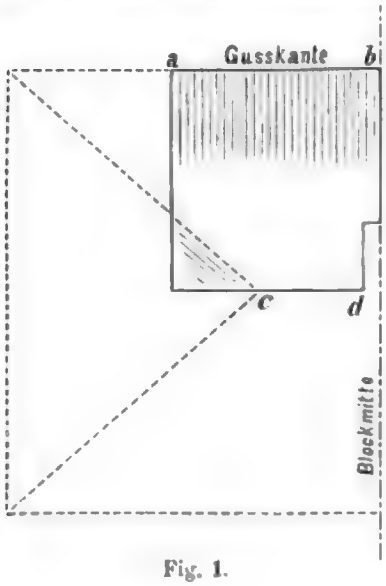


Fig. 1.

Ähnliche Verhältnisse zeigt Fig. 33 Taf. IV für den Block B 12 und Fig. 41 Taf. V für den Block A 11. Die Lage der abgebildeten Stellen zum Blockquerschnitt ist ungefähr dieselbe wie in Fig. 1.

Block B 10 dagegen zeigte, wie Fig. 57 Taf. VII erkennen läßt, keine Überreste eines strahligen Aufbaues mehr nach der Abkühlung. Es ist aber trotzdem nicht ausgeschlossen, daß im Block Strahlenbildung vorhanden war, die nur durch die Umwandlung oberhalb und bei 700° C. verdeckt worden ist.

Bei höheren Kohlenstoffgehalten, z. B. bei Block 16 A, wird der strahlige Aufbau wieder sichtbar. Vgl. Fig. 68 Taf. VIII. Nach dem Blockinnern zu verliert sich die strahlige Absonderung, wie insbesondere auch aus den Figuren 69 und 70 Taf. VIII hervorgeht, von denen die erstere einer Stelle in der Nähe des Blockrandes, die letztere einer mehr nach der Blockmitte zu gelegenen Stelle des Schliffes entspricht. Die Adern

[1]) Vgl. Rudeloff, IV. Bericht des Sonderausschusses für Eisenlegierungen, S. 69, Fig. 3 und 4. Die zur Gefügeuntersuchung verwendeten Reststücke lagen unter a, b, c in Fig. 4 des Rudeloff'schen Berichts.

Digitized by Google

sind aber hier gebildet vom Perlit; zwischen den Adern liegt ein inniges Gemenge von Perlit und Cementit. (Vgl. insbesondere Fig. 71 Taf. IX). Als kennzeichnend ist also hervorzuheben, daß von den paarweise nebeneinander auftretenden Gefügebestandteilen Ferrit und Perlit, Perlit und Cementit, immer der kohlenstoffärmere von beiden die Adern bildet.

Durch das Schmieden bezw. Walzen des gegossenen Blockes werden die Reste der ersten Krystallisation beeinflußt, und zwar bringt sie ein verhältnismäßig geringerer Grad der Bearbeitung zunächst deutlicher zum Ausdruck, als sie in dem geätzten Schliff des gegossenen Blocks wahrnehmbar sind. Erst nach starker Querschnittsabnahme wird die der ersten Krystallisation entsprechende Zeichnung schwächer, und scheint dann allmählich ganz zu verschwinden. (Es ist im Interesse der Vollständigkeit sehr zu bedauern, daß zu keiner einzigen Schmelze die vollständige Reihe: 1. Teil des Blockes, 2. Teil des geschmiedeten Knüppels, 3. Teil des gewalzten Rundeisens, 4. Teil des gewalzten Flacheisens aufzutreiben war. Ein Teil fehlte regelmäßig).

Hierzu vergleiche: Fig. 7, 8, 9 Taf. I, Block No. 2, Rundstab und Flachstab daraus gewalzt.

Fig. 21, 22, 24 Taf. III, Block No. A 12, Knüppel und Rundstab dazu.

Fig. 33, 34, 35 Taf. IV, Block No. B 12, Knüppel und Rundstab dazu.

Fig. 41, 42, 43 Taf. V, Block No. A 11, Rundstab dazu in Quer- und Längsschliff.

Die Querschliffe der Knüppel und Rundstäbe zeigen die Zeichnung so deutlich, daß man ihre Lage zum ursprünglichen Block sehr gut verfolgen kann. Besonders kennzeichnend sind die Figuren 22 Taf. III und 34 Taf. IV, aus denen unzweifelhaft hervorgeht, daß die Knüppel aus halben Blöcken geschmiedet wurden. Die in den Abbildungen links, oben und rechts liegenden Seiten der Knüppel entsprechen den Blockkanten AB, BC und CD in Fig. 2. Die unten liegende Seite dagegen der Blockteil-

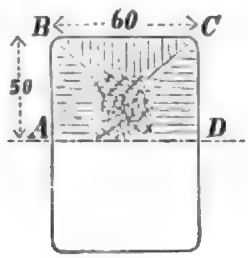


Fig. 2.

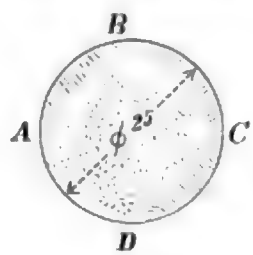


Fig. 3.

linie AD. Während senkrecht zu AB, BC, CD deutliche Streifung im geätzten Schliff sichtbar ist, zeigt die Seite AD einen Filz von tannenbaumförmigen Gebilden. Auch in den geätzten Querschliffen durch die Rundstangen Fig. 35 Taf. IV und 42 Taf. V läßt sich nachträglich noch zweifelsfrei feststellen, daß zu ihrer Erzeugung nur ein halber Block verwendet wurde, und daß die Teillinie AD die in nebenstehender Fig. 3 dargestellte

Digitized by Google

Lage hat. Hier entsprechen die Buchstaben *ABCD* der Lage nach den Buchstaben in Fig. 2.

Fig. 16 Taf. II zeigt den Querschnitt des Rundstabes aus Schmelze No. 3. Vor dem Walzen des Stabes wurde aus der Blockhälfte *ABCD* (siehe Fig. 4) noch der Teil *AEFG* herausgeschnitten. Aus der Lage der Schweißnaht und der Streifung (siehe auch Fig. 5) lassen sich in Fig. 16 Taf. II diese Verhältnisse rückwärts wieder ableiten.

Wie im Querschliff verrät sich die erste Krystallisation auch im Längsschliff, und zwar in Form von Streifung in der Streckrichtung, was Fig. 43 Taf. V erkennen läßt, die dem aus Block A 11 gewalzten Rundstab entspricht.

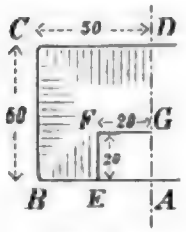


Fig. 4.

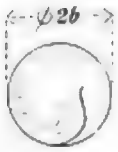


Fig. 5.

Lineare Vergrößerung 365.

Fig. 6.

Die der ersten Krystallisation entsprechende Zeichnung in Fig. 42 und 43 Taf. V besteht aus dunklen Stellen im hellen Grunde. Die Streifung wird dadurch gebildet, daß dunkle Flecke sich kettenartig aneinander reihen. Nach den mittleren Teilen des ursprünglichen Blockes zu hört die kettenförmige Anordnung der dunklen Flecken auf. Unter dem Mikroskop bei stärkerer Vergrößerung findet man, daß sowohl die hellen Stellen, wie auch die dunklen Flecken aus Ferrit und Perlit aufgebaut sind; nur ist die Ätzung des Ferrits innerhalb der dunklen Flecken nach Ätzung mit Kupferammonchlorid stärker als innerhalb der hellen Stellen. Die Fig. 6 soll dies veranschaulichen. Die schraffierten Stellen entsprechen hierin den bei makroskopischer Betrachtung dunkel erscheinenden Flecken. Die Ätzfiguren innerhalb dieser schraffierten Stellen sind sehr verworren ausgebildet, so daß es außerordentlich schwer hält, die

Digitized by Google

Korngrenzen des Ferrits zu ermitteln. Welches die eigentliche Grundursache für die stärkere Anätzung des Ferrits in den dunkleren Flecken ist, ließ sich noch nicht sicher feststellen.

Fremde Einschlüsse im Eisen wurden in verschiedenen Blöcken zum Teil in beträchtlichen Mengen beobachtet. Block No. 2 zeigte z. B. im Kopfende Fig. 4 Taf. I sehr viele blumenkohlartig verzweigte fremde Einmengungen von hellgrauer Farbe. Fig. 5 Taf. I zeigt die Eigenart dieser Einschlüsse bei etwas stärkerer Vergrößerung. Die Menge der Einschlüsse nahm vom Kopf- bis zum Fußende ab. Die Farbe der Einschlüsse weicht stark ab von der Farbe der blaugrauen Einschlüsse, die man sonst in manganhaltigen Flußeisensorten beobachten kann, und die ihre Bildung der in der Blockform fortgesetzten Desoxydation des Metalls verdanken. Auch hier sind die hellgrauen blumenkohlartigen Einschlüsse Desoxydationsprodukte. Darauf weist hin, daß sie vorwiegend in den kohlenstoffärmeren Schmelzen auftreten. Da hier die Desoxydation bezw. das Dichtmachen mittels Aluminium bei Gegenwart nur sehr geringer Mengen von Mangan erfolgte, hat die Verschiedenheit in der Farbe der Einschlüsse nichts Auffälliges. Fig. 25 Taf. III zeigt die Gegenwart solcher Einschlüsse auch in dem aus Block No. 3 gewalzten Rundstab an. Ebenso enthielt das nach Ausweis der Fig. 23 Taf. III stark rotbrüchige Material aus Block A 12 solche Einschlüsse. Fig. 24 Taf. III stellt einen Querschnitt durch den daraus gewalzten Rundstab dar. Längs des Risses waren die blumenkohlartigen Einschlüsse angereichert.

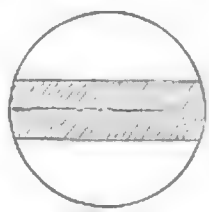


Fig. 7.

Aus dem Material des Rundstabs wurde parallel zum Riß der in der nebenstehenden Fig. 7 schraffierte Streifen herausgearbeitet. Er wurde ohne vorherige Zerspanung in heißer verdünnter Schwefelsäure gelöst. Der hierbei von 27,052 g Eisen erhaltene unlösliche Rückstand wog 0,0031 g. Durch Abrauchen mit Flußsäure wurden hiervon verflüchtigt 0,001 g. Der mit Flußsäure behandelte Rückstand wurde mit Kalilauge behandelt und die Lösung mit Chlorammon gefällt. Es ergab sich ein Niederschlag, der 0,0025 g Al_2O_3 entspricht. Somit bestehen etwa 65 % des bei der Lösung des Eisens in verdünnter Schwefelsäure verbleibenden Rückstandes aus Tonerde, und dies entspricht ungefähr einem Aluminiumgehalt von 0,01 % im Eisen, der nicht als Metall, sondern als Oxyd vorliegt. Wenn auch die quantitativen Verhältnisse durch den Versuch nicht einwandsfrei festgelegt werden konnten, so beweist er doch qualitativ, daß ein Teil des Aluminiums in Form von Oxyd vorhanden ist. Diesem Oxyde entsprechen die weißen blumenkohlartigen Einschlüsse.

Bei einer anderen Gelegenheit konnte festgestellt werden, daß in Martinflußeisen, das vor der Desoxydation ausgegossen und in der Blockform mit Aluminium versetzt war, ebenfalls die kennzeichnenden oben beschriebenen blumenkohlartigen Einschlüsse vorhanden waren, während sie in dem Blöckchen, das aus demselben Material ohne Aluminiumzusatz vergossen war, fehlten. Es waren sogar Hohlräume im Innern der mit Aluminium versetzten Güsse mit einer weißen Kruste überzogen, deren Ausläufer im Schliff unter dem Mikroskop den blumenkohlartigen Einschlüssen entsprachen. Die Kruste wurde abgelöst und bestand vorwiegend aus Tonerde.

B. Gefüge der Materialien im gegossenen Zustande.

Soweit das Kleingefüge der Blöcke nur aus Ferrit und Perlit besteht, also der Kohlenstoffgehalt kleiner als 1 % ist, gibt Fig. 8 (Taf. A) und Tab. II Aufschluß über den Flächenanteil des Perlits im Gesichtsfeld. Der Perlitgehalt steigt mit dem Kohlenstoffgehalt. Wenn letzterer nahe an 0,8 % kommt, sind nur noch geringe Mengen Ferrit außerhalb des Perlits bemerkbar; fast das ganze Gesichtsfeld wird vom Perlit eingenommen. Der Perlitgehalt in den Rand- und in den inneren Teilen der Blöcke ist im allgemeinen verschieden. Das Blockinnere ist perlitreicher infolge Kohlenstoffsaigerung. Setzt man voraus, daß die eutektische Legierung zwischen Eisen und Eisenkarbid, die nur aus Perlit aufgebaut ist, einem Kohlenstoffgehalt von etwa 1 % entspricht, so würde der aus dem Kohlenstoffgehalt berechnete Flächenanteil des Perlits durch die in Fig. 8 (Taf. A) gestrichelte Gerade dargestellt. Die wirkliche durch den Versuch ermittelte Perlitkurve, die dem Durchschnitts-Perlitgehalt in Rand und Kern der Blöcke entspricht, schließt sich anfänglich der berechneten Linie an, steigt aber etwa von 0,4 % C ab viel stärker an und erreicht bereits bei etwa 0,75 % C ihren Höchstwert. Leider standen nicht genügend Materialien mit höheren Kohlenstoffgehalten als 1 % zur Verfügung; sonst wäre es möglich gewesen, auch wieder das Absinken der Perlitkurve jenseits ihres Höchstpunktes genauer zu verfolgen. In Fig. 8 (Taf. A) sind zum Vergleich mit der Perlitkurve noch die von Rudeloff in seinen Berichten mitgeteilten Werte für die Zugfestigkeit der einzelnen Materialien im gegossenen Zustand eingetragen. Die Perlitlinie und die Schaulinie für die Zugfestigkeiten verlaufen im wesentlichen sehr ähnlich. Ebenso wie die Perlitlinie bei 0,17 bis 0,2 % Kohlenstoffgehalt einen auffälligen Knick zeigt, ist auch in der Linie der Zugfestigkeiten an derselben Stelle eine Unregelmäßigkeit in die Augen fallend. Da die gleiche Erscheinung auch in Fig. 9 (Taf. A) in der Perlitkurve für den gewalzten Zustand des Materials wiederkehrt und auch die Erscheinungen nach dem Abschrecken (s. Abschnitt E) nach derselben Richtung hinweisen, ist es als ziemlich sicher anzunehmen, daß zwischen den Blöcken C 13 und A 12 eine Verwechselung durch irgend einen Zufall eingetreten ist. Nach der metallographischen Analyse muß Material C 13 einen höheren Kohlenstoffgehalt haben als A 12.

Die Tabelle II gibt Aufschluß über die ungleichmäßige Verteilung des Perlits und somit des Kohlenstoffes in der Masse der Blöcke. So ist z. B. die Anreicherung des Perlits im Innern des Blockes B 12 sehr auffällig. Auch innerhalb derselben Zone des Blockes, z. B. im Innern des Blockes A 12, schwankt der Perlitgehalt ziemlich stark.

Erläuterungen zu den Lichtbildern:

Block No. 2. Die beiden Lichtb. 10 und 11 Taf. II lassen den Unterschied in der Anordnung von Ferrit und Perlit am Rand und im Innern des Blocks erkennen. Dieser Unterschied wird zweifellos noch bedingt durch die erste Krystallisation bei Erstarrung des Materials. Während die Umwandlung dieser ersten Krystalle in ein Gemenge von Ferrit und Perlit erfolgt (zwischen 910 und 700° C.), scheinen sie auf das neugebildete Gemenge noch eine gewisse Richtkraft auszuüben. So pflegen sich z. B. am Rand des Blockes lange Ferritadern nahezu senkrecht zur Oberfläche einzu-

Tabelle II.

Durchschnittlicher Flächenanteil des Perlits in den gegossenen Blöcken.

Block No.	Blockrand		Blockinneres		Gesamt-Durchschnitt %
	Einzelbestimmungen % [1]	Durchschnitt % [1]	Einzelbestimmungen % [1]	Durchschnitt % [1]	
No. 2	13,5 10,2 10,0 9,7	10,9	13,8 15,3 14,1 10,4	13,2	12,0
C 13	16,8 20,5 22,4 18,9	19,7	23,8 24,2 23,9 23,2	23,8	21,7
A 12	18,0 14,8 12,4 17,0 15,7	15,6	20,9 19,1 34,9 14,7 21,5 18,0 27,0	22,8	19,0
B 12	37,4 40,2 30,6 37,3	36,4	47,1 48,1 54,5 50,6	50,0	43,2
A 11	Nur angenäherte Messung, da nicht mehr einwandsfrei festzustellen war, ob der Ferrit als freier Ferrit, oder als Bestandteil des Perlits aufzufassen war.				~ 76
B 10	Messung nicht mehr möglich. Ganz vereinzelt sind geringe Mengen Ferrit in der Masse verteilt.				

[1]) D. h. von der gesamten Fläche des Gesichtsfeldes waren x % vom Perlit eingenommen. Die Zahlen sind mit Hilfe des Planimeters an Mikrophotographien ermittelt worden.

stellen; zwischen den Adern liegt ein inniges Gemenge von Ferrit und Perlit; nach der Mitte des Blockes hin treten die Adern zurück (vgl. Fig. 10 und 11 Taf. II). Die dunkleren Inselchen in diesen Figuren sind Perlit. Der Beweis hierfür wird bei starker Vergrößerung erbracht, s. Fig. 12 Taf. II, in welcher eine Perlitinsel umgeben von Ferrit in 900facher Vergrößerung abgebildet ist.

Digitized by Google

Block C 13. Lichtb. 17 und 18 Taf. II. Bezüglich der unterschiedlichen Anordnung der Gefügebestandteile am Rand und in der Mitte gilt das oben Gesagte.

Block A 12. Lichtb. 21 Taf. III zeigt die senkrecht zur Blockkante stehenden Ferritadern. Lichtb. 29 und 30 Taf. IV geben in 29facher Vergrößerung Einzelbilder der in Lichtb. 21 Taf. III mit Rand und Mitte bezeichneten Stellen wieder.

Block B 12. Das stärkere Vorwalten des Perlits im Blockinnern (vgl. Tab. II) zeigt sich unverkennbar in den Lichtb. 36 und 37 Taf. V. Lichtb. 38 Taf. V gibt bei 900facher Vergrößerung die Einzelheiten des in Fig. 36 und 37 Taf. V dunkel erscheinenden Gefügeteils und bietet somit den Beleg dafür, daß dieser Perlit ist. Lichtbild 39 Taf. V bietet besonders Interesse; es ist nach Starkätzung des Schliffs mit Kupferammonchlorid erhalten. Die links im Gesichtsfeld liegende helle Ferritader ist durch eine längs durchgehende dunkle Linie geteilt. Die Teilungslinie entspricht vermutlich der Umgrenzung eines der primären, bei der Erstarrung entstandenen Krystalle.

Block A 11. Die senkrecht zum Rand des Blockes stehenden Ferritadern zeigen sich in Lichtb. 41 Taf. V. Der Unterschied zwischen der Gefügeanordnung in Rand und Mitte ist veranschaulicht durch die Bilder 44 und 45 Taf. VI. Lichtb. 46 Taf. VI gibt von der in Lichtb. 45 Taf. VI mit γ bezeichneten Stelle eine vergrößerte Einzeldarstellung, und hiervon wieder gibt Lichtb. 47 Taf. VI in 900facher Vergrößerung die Stelle γ' wieder. Der helle Gefügebestandteil ist deutlich durch die Ätzfiguren als Ferrit gekennzeichnet. Der eigenartige verworrene Aufbau des Perlits aus kurzen Lamellen zweier verschiedener Körper ist dargestellt in Lichtb. 48 Taf. VI. Die bisher besprochenen Lichtbilder wurden an dem mit Kupferammonchlorid geätzten Schliff aufgenommen, da durch diese Behandlung der Perlit wegen seiner dunklen Färbung vom Ferrit leichter zu unterscheiden ist. Relief- und Ätzpolieren gab nur sehr undeutliche Wirkung, weil der Härteunterschied zwischen Ferrit und Perlit nicht sehr erheblich war. Bei Ätzung mit einer Lösung von 1 cc konzentrierter Salzsäure in 500 cc absolutem Alkohol zeigten sich eigenartige Erscheinungen. Helle Ferritadern lagen in einer Grundmasse von nur ganz wenig gefärbtem Perlit. Nur stellenweise zeigte der Perlit tiefdunkle Färbung, besonders in der Nähe der hellen Ferritadern, vgl. Lichtb. 49 Taf. VI, in 29facher Vergrößerung. Deutlicher läßt Lichtb. 50 Taf. VI bei 123facher Vergrößerung diese Verhältnisse erkennen: Helles Netzwerk von Ferrit, Maschenfüllung durch Perlit, der an den dunkler erscheinenden Stellen tiefer angeätzt ist. Zuweilen lag in den Knotenpunkten der Ferritadern, z. B. an der mit α' angedeuteten Stelle ein oxydischer hellgrauer Einschluß, den Lichtb. 51 Taf. VI in 1650facher Vergrößerung darstellt. Besonders in der Nachbarschaft solcher Einschlüsse war der Perlit dunkel. Lichtb. 52 Taf. VI zeigt in gleichstarker Vergrößerung in der Mitte des Gesichtsfeldes senkrecht nach unten verlaufend ein Ferritband, das durch beginnende Ätzfigurenbildung aufgerauht erscheint. Links und rechts davon liegt Perlit mit seinem kennzeichnenden lamellaren Aufbau.

Block B 10 zeigt, wie bereits erwähnt, an der Blockkante keine senkrecht angeordneten Bänder; das in Lichtb. 57 Taf. VII dargestellte makroskopische Gefüge zeigt am Rand und im Innern keinen Unterschied. Dasselbe gilt vom Kleingefüge, das durch

Lichtb. 58 Taf. VII in 900facher Vergrößerung gekennzeichnet ist. Ein Rest von hellem Ferrit liegt in der Grundmasse von Perlit, dessen kennzeichnender Aufbau deutlich sichtbar ist. An einigen Stellen ist der Perlit nicht in seine Einzelbestandteile aufgelöst und kann dann als Sorbit bezeichnet werden.

Block B 9. Der Ferrit fehlt gänzlich. Die ganze Masse des Blocks besteht aus Perlit. Die Zusammensetzung des Materials entspricht der eutektischen Legierung zwischen Eisen und Eisenkarbid.

Block C 9. Zeigt genau dasselbe Gefüge wie Block B 9.

Wird der Kohlenstoffgehalt wesentlich höher als etwa 1 %, so tritt zum Perlit wieder ein zweiter Gefügebestandteil, der Cementit. Der auf C 9 folgende Block zeigte bereits einen Kohlenstoffgehalt von 2,0 %. Um ein Zwischenglied zu haben, wurde der Cementstahl S 611 mit 1,0 % Kohlenstoff in die Betrachtung mit einbezogen. Er lag zwar nicht im gegossenen, sondern in dem Zustand vor, in dem er den Cementierofen verließ. Dieser stark überhitzte Zustand zeigt jedoch vielerlei Ähnlichkeit mit dem gegossenen, weshalb das ihm zukommende, in den Lichtb. 66 und 67 Taf. VIII abgebildete Gefüge hier mit besprochen wird.

S 611 Cementstahl. Helle, fast geradlinig verlaufende Cementitadern liegen in einer dunklen Masse von Perlit. Der Perlit ist körnig aufgebaut, wie aus Lichtb. 67 Taf. VIII hervorgeht.

Block A 16.

Die strahlige Anordnung längs des Blockrandes, die bei den in der Nähe von 1 % liegenden Kohlenstoffgehalten nicht mehr erkennbar war, tritt hier wieder auf, vgl. Lichtb. 68 Taf. VIII. Die Anordnung der Gefügebestandteile am Rand des Blockes unterscheidet sich wieder wesentlich von der im Innern, wie die Lichtbilder 69 und 70 Taf. VIII in 4facher, und 71 und 72 Taf. IX in 29facher Vergrößerung erkennen lassen. Am Rand des Blockes hat der Perlit Neigung, geradlinige Bänder senkrecht zur Blockwand zu bilden; im Innern dagegen bildet er Maschen, die von einem Netzwerk von Cementit umgeben sind. Der Cementit enthält Einschlüsse von Perlit, wie Lichtb. 73 Taf. IX zeigt. Der Perlit ist nicht so deutlich in zwei Gefügeelemente gespalten, wie dies in den kohlenstoffärmeren Materialien beobachtet wurde. Er besteht aus einer gelblichen Masse (Sorbit), in der ganz vereinzelt cementitartige Inselchen oder Stäbchen liegen (siehe Lichtb. 74 Taf. IX). Beide sind in ihrer Härte nur wenig voneinander unterschieden.

C. Gefüge der Materialien im geschmiedeten und gewalzten Zustand.

Von den Materialien, deren Kohlenstoffgehalt 1 % überstieg, lagen weder geschmiedete noch gewalzte Stäbe vor. Von den Rundstäben zeigten die aus den Blöcken B 12, A 11, B 10, B 9, C 9 gewalzten keine besonderen äußerlichen Merkmale; sie waren sämtlich bis auf 25 mm Durchmesser heruntergewalzt. Von Block No. 2 lag ein gewalzter Rundstab von 26 mm Durchmesser und ein Flacheisen von 20 × 8 mm vor, die äußerlich ebenfalls fast fehlerfrei waren. Block C 13 ließ sich nur auf 40 mm Durchmesser walzen und zeigte dann starke Risse. Das schlechteste Aussehen wies der Stab auf, der aus Block A 12 zu walzen versucht worden war. Er war nach Maßgabe

Digitized by Google

des Lichtb. 23 Taf. III beim Walzen völlig aufgespalten, als der Durchmesser von 40 mm erreicht war.

Da nur von einzelnen geschmiedeten Knüppeln noch Material vorhanden war, wurde ihr Gefüge nicht näher untersucht, obwohl dies im Interesse der Vollständigkeit gelegen hätte.

Über die Abhängigkeit der Perlitmenge von dem Kohlenstoffgehalt des gewalzten Materials geben Fig. 9 (Taf. A.) und Tabelle III Aufschluß. Zur Vervollständigung der Reihe wurde hierbei Schmelze 16 (nach dem Schmieden) mit herangezogen, um in der Nähe der Stäbe C 13 und A 12, deren Kohlenstoffgehalt (s. Abschnitt B) fraglich ist, einen sicheren Beobachtungspunkt zu erhalten. In Fig. 9 (Taf. A) ist wiederum die theoretisch zu erwartende Perlitkurve eingetragen, wenn der Kohlenstoffgehalt des Perlits gleich 1 % gesetzt wird. Die durch Versuch ermittelte Perlitkurve schmiegt sich dieser theoretischen Linie bis 0,5 % C sehr gut an. Erst bei höheren Gehalten an Kohlenstoff steigt

Tabelle III.

Durchschnittlicher Flächenanteil des Perlits im gewalzten Material.

Kohlenstoffgehalt %	Stab No.	Einzelwerte %	Durchschnitt %
0,11	Rundst. No. 2	6,1 10,1 10,9 8,6 11,7 11,2 12,6	10,2
0,12	Flachst. No. 2	14,6 11,3 10,6 11,0	11,9
0,14	Stab geschmiedet aus Schmelze 16	—	13,0
[0,14]	Rundst. C 13	17,6 15,0 14,6 16,4	15,7
[0,16]	Rundst. A 12	13,7 11,4 15,6 16,4	14,3
0,34	Rundst. B 12	31,2 37,6 33,1 39,4	35,3
0,51	Rundst. A 11	40,1 47,5 54,5 56,2	49,6
[0,75]	Rundst. B 10	—	etwa 94
[0,95]	Rundst. B 9	—	100

(Bemerkung: Die nicht eingeklammerten Kohlenstoffgehalte der gewalzten Materialien wurden auf Antrag des Berichterstatters besonders bestimmt, da die mikroskopische Analyse mit Sicherheit erkennen ließ, daß die in den Blöcken ermittelten Kohlenstoffgehalte von denen in den gewalzten Stangen verschieden sein mußten.)

Digitized by Google

die Perlitkurve stärker. Sie erreicht etwas über 0,8 % C ihren Höchstpunkt. In Fig. 9 ist auch die Schaulinie der Zugfestigkeiten nach den Rudeloffschen Berichten eingezeichnet. Der Verlauf dieser Linie ist ganz analog dem der Perlitkurve. Auch aus Fig. 9 (Taf. A) folgt, daß entgegen der Analyse A 12 niederen Kohlenstoffgehalt haben muß als C 13.

Die Verteilung des Perlits im Querschnitt des gewalzten Materials war verhältnismäßig gleichartig. Unterschiede zwischen den dem Blockrand und dem Blockinnern entsprechenden Teilen waren nicht nachzuweisen.

Von Wichtigkeit für den späteren Vergleich mit nickelhaltigem Material kann der Wert für die durchschnittliche Größe der Ferritkörner im gewalzten Material werden. Hierüber gibt Tabelle IV Aufschluß.

Tabelle IV.
Durchschnittliche Größe der Ferritkörner in den gewalzten Stäben.

Kohlenstoffgehalt %	Material	Korngröße des Ferrits am Rand μ^2 [1])	Korngröße des Ferrits in Mitte μ^2	Durchschnitt abgerundet μ^2
0,11	Rundstab No. 2 Durchm. 26	330	495	**410**
0,12	Flachstab No. 2 20 × 8	353	265	**310**
0,14	Rundstab C 13 Durchm. 30	278	242 314	**280**
0,16	Rundstab A 12 Durchm. 40	289	247	**270**
0,34	Rundstab B 12 Durchm. 25	—	214	**215**
0,51	Rundstab A 11 Durchm. 25	—	181	**180**

Die in der letzten Spalte zusammengestellten Durchschnittswerte sind in Schaubild Fig. 10 (Taf. A) dargestellt. Danach nimmt im allgemeinen die Korngröße des Ferrits mit steigendem Kohlenstoffgehalt ab, und zwar anfangs sehr rasch, später langsamer.

[1]) μ = 0,001 mm.

Erläuterungen zu den Lichtbildern.

Rundstab No. 2. (Lichtb. 13 und 14 Taf. II.) Entsprechend dem höchsten Werte der Korngröße des Ferrits im Innern der Stange sind auch die Perlitinseln dort zu größeren Abmessungen gelangt. Auch ist die Menge des Perlits im Innern größer als am Rand. Daraus erklären sich die Abweichungen der Einzelwerte für den Flächenanteil des Perlits in Tabelle III untereinander.

Flachstab No. 2. (Lichtb. 15 Taf. II.) Die Verteilung des Perlits ist regelmäßiger als beim Rundstab No. 2. Dies geht auch aus den Werten der Tabelle III für den Perlitgehalt hervor.

Rundstab C 13. (Lichtb. 19 und 20, Taf. II.) Der Perlit ist gleichmäßig verteilt. Den Beleg dafür, daß die dunklen erhabenen Inselchen in Lichtb. 19 wirklich Perlit sind, liefert das bei stärkerer Vergrößerung aufgenommene Lichtb. 20.

Rundstab A 12. Der Stab ist stark rissig, vgl. Lichtb. 24, Taf. III. In der Umgebung des Risses sind zahlreiche hellgraue Einschlüsse von Tonerde sichtbar (s. Lichtb. 25, Taf. III). Der Riß selbst ist mit dunkler Schweißschlacke ausgefüllt (s. Lichtb. 26, Taf. III). Wie die Lichtb. 27 und 28, Taf. III, dartun, besteht die Schlacke aus zwei Bestandteilen von ungefähr gleichdunkler Färbung, aber verschiedener Härte. Die harten gut ausgebildeten Kristalle sind in Lichtb. 28 zu erkennen. Einen Gesamtüberblick über die Verteilung des Perlits liefert Lichtb. 31, Taf. IV). Die einzelnen Kristallkörner des Ferrits werden erst bei stärkerer Ätzung mit Kupferammonchlorid wahrnehmbar, wie Lichtb. 32, Taf. IV, zeigt. Die Zeichnung innerhalb der Ferritkörner wird durch die Ätzfiguren erzeugt.

Rundstab B 12. Lichtb. 40, Taf. V, zeigt das Gefüge bei 123facher Vergrößerung. Die dunklen, erhabenen Inseln sind Perlit.

Rundstab A 11. Wie bereits früher erwähnt, werden die dunklen Flecken in der Zeichnung der Lichtb. 42 und 43, Taf. V, durch stärkere Ausfressung des Ferrits durch das Ätzmittel erzeugt, wie dies aus Fig. 6 und den Lichtb. 53 und 54, Taf. VII, hervorgeht Der Perlit ist im gewalzten Stab erheblich besser ausgebildet, als im gegossenen Block. Lichtb. 55, Taf. VII, zeigt das Gefüge nach dem Ätzpolieren. Die dunklen, erhabenen Inselchen sind Perlit, wie das stark vergrößerte Lichtb. 56, Taf. VII, ausweist.

Rundstab B 10 (s. Lichtb. 59 und 60, Taf. VII). Das Gefüge besteht aus hellem Ferrit und dunklem, wenig deutlich ausgebildeten Perlit. Lichtb. 60 zeigt in der Mitte ein durch Ätzfiguren aufgerauhtes Ferritband, rechts und links umgeben von lamellar aufgebautem Perlit.

Rundstab B 9 (s. Lichtb. 61, 62, 63, Taf. VIII). Bei schwächerer Vergrößerung erscheint die ganze Fläche des Gesichtsfeldes fast gleichmäßig grau (Lichtb. 61). Bei etwas stärkerer Vergrößerung (Lichtb. 62) löst sich stellenweise der Perlit bereits in seine Einzelbestandteile auf. Deutlich ist dies erst bei der stärksten Vergrößerung in Lichtb. 63 zu erkennen. Die ganze Fläche besteht aus Perlit, da die Zusammensetzung des Materials der der eutektischen Legierung ganz nahe steht.

Rundstab C 9. Hierfür gilt Ähnliches, wie für Stab B 9. Die Einzelheiten des die ganze Fläche ausfüllenden Perlits gibt Lichtb. 65, Taf. VIII. Bei schwächerer Ver-

Digitized by Google

größerung erscheint der Perlit ungleichmäßig gefärbt (Lichtb. 64, Taf. VIII); die dunkleren Stellen des Perlits bilden mit den helleren strahlige Zeichnung, die der ersten Kristallisation bei der Erstarrung entspricht.

D. Die Lage der Haltepunkte in den einzelnen Legierungen.

Als Vorbereitung für die unter E beschriebenen Versuche über den Einfluß der Abschreckung von verschiedenen Wärmegraden auf das Gefüge des Materials wurden die zwischen 910 und 700° C. in der erstarrten Legierung vor sich gehenden Umwandlungen mittels des Pyrometers verfolgt. Bekanntlich werden in diesem Bereich bei bestimmten Wärmegraden während der Abkühlung plötzlich Wärmemengen frei, die Verzögerung der Abkühlung bewirken; während bei der Erhitzung Wärme gebunden wird, was ebenfalls Verzögerung in der Erhitzung bewirkt. Die Wärmegrade, bei denen die genannten Erscheinungen eintreten, heißen Haltepunkte (kritische Punkte nach Osmond).

Die Ermittlung der Haltepunkte erfolgte nach einem Verfahren, das dem von Roberts-Austen angegebenen nachgebildet, aber vereinfacht ist. Zwei geteilte Halbzylinder *I* und *I'* (s. Fig. 11) aus der zu untersuchenden Eisenprobe herausgeschnitten und *II* und *II'* aus unglasiertem Hartporzellan wurden mit Platindrähten zu einem Vollzylinder fest zusammengebunden. Zwischen *I* und *I'* wurde auf der einen Seite ein gewöhnliches Thermoelement aus Platin und Platin-Rhodium E_1 geklemmt, das den Wärmegrad des Eisenkörpers *I* zu messen gestattete. Zwischen *I* und *I'* auf der andern Seite wurde die eine Lötstelle *A* und zwischen *II* und *II'* die zweite Lötstelle *B* eines Elementes E_2 geklemmt, welches aus zwei Platindrähten mit einem zwischengeschalteten Platin-Rhodiumdraht bestand. Die beiden an den Lötstellen *A* und *B* erzeugten Thermoströme sind einander entgegengerichtet; ein in die Platindrähte eingeschaltetes Galvanometer gibt den Unterschied zwischen den elektromotorischen Kräften in *A* und *B* an. Das hierzu verwendete Instrument war ein Siemenssches Zeigergalvanometer nach Deprez d'Arsonval von hoher Empfindlichkeit mit 30,7 Ohm Widerstand; die Skala hat den Nullpunkt in der Mitte und besitzt nach beiden Seiten ein

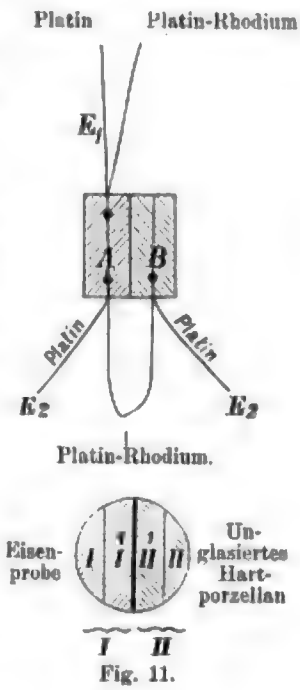


Fig. 11.

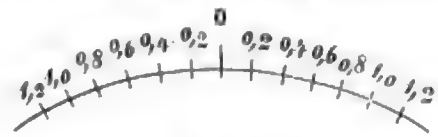


Fig. 12.

Ausschlagsbereich von 1,2 Millivolt. Jeder der in der Fig. 12 angegebenen Teile ist noch in zehn Grade eingeteilt, sodaß jeder Grad einem Spannungsunterschied von

Digitized by Google

0,02 Millivolt entspricht. Man kann noch auf 0,001 Millivolt abschätzen. Von der Verwendung eines Spiegelgalvanometers wurde abgesehen wegen der im Beobachtungsraum vorkommenden Erschütterungen[1]). Das Galvanometer hat sich sehr gut bewährt und ist außerordentlich empfindlich. Auf absolute Wertangaben des Spannungsunterschiedes kommt es nicht an; wichtig ist nur die relativ richtige Angabe und die Vermeidung von Verzögerungen im Ausschlag des Zeigers. Der so gemessene Spannungsunterschied gibt ein Maß für die Verschiedenheit der Wärmegrade in den beiden Halbzylindern *I* und *II*. — Die Kaltverbindungen der Elemente E_1 und E_2 lagen in Glasröhren, die durch Eiswasser auf 0° C. gehalten wurden.

Die Halbzylinder wurden in einem Porzellanrohre, das von einer elektrisch geheizten Nickelspirale außen eingeschlossen war, auf etwa 1100° erhitzt. Das Heizrohr war umgeben von einem Porzellanschutzrohr; der Zwischenraum war mit gebranntem Rakonitzer Schieferpulver ausgefüllt[2]). Die Luft wurde aus dem Rohre nicht entleert, weil dem Amt damals keine Quecksilberluftpumpe zur Verfügung stand; es wurde nur durch Verschluß der Rohrenden mit Abest dafür gesorgt, daß keine Bewegung und rasche Erneuerung der Luft im Rohre eintrat. Um die Oxydation des Eisenkörpers zu verringern, wurde die Erhitzung nach Möglichkeit rasch vorgenommen. Nach Erreichen des Wärmegrades 1100° C. wurde der Heizstrom abgestellt, das Rohr mit der Eisen- und Porzellanprobe der Abkühlung überlassen, die durchschnittlich etwa 42 Minuten von 1100° bis auf 200° C. dauerte.

Ein Beobachter las mit Hilfe des Thermoelementes E_1 und eines gewöhnlichen Siemensschen Zeigergalvanometers den Wärmegrad T des Eisenzylinders, ein zweiter mit Hilfe des Elementes E_2 und des oben beschriebenen empfindlichen Galvanometers den Unterschied in der elektromotorischen Kraft ΔE zwischen den Punkten A und B während der Abkühlung ab. Die Beziehungen zwischen T und ΔE sind in den Schaubildern 13 bis 20, Tafel B, so dargestellt, daß T der Abscisse, ΔE der Ordinate entspricht. In den Schaubildern entspricht der Beginn eines plötzlichen Anstieges dem Eintritt der Wärmeentwicklung. Die Wärmeentwicklung setzt sich über ein größeres Wärmegradsbereich fort, weil die Vorgänge gewisse Zeit bis zur Vollendung benötigen. Der Wärmegrad für den Beginn des Eintritts der Wärmeentwicklung (Haltepunkt) ist nach dem Vorgang Osmonds mit den Buchstaben A_{r3}, A_{r2}, A_{r1} bezeichnet, wobei der Buchstabe r andeutet, daß der Haltepunkt bei der Abkühlung beobachtet wurde (Recaleszenz). Der höchstgelegene der Punkte ist mit der Zahl $_3$, der niedrigste unverändert bei etwa 700° C. gelegene mit der Zahl $_1$ bezeichnet.

Überblick über die Lage sämtlicher Haltepunkte bei den Legierungen mit verschieden hohen Kohlenstoffgehalten gibt Schaubild Fig. 21 (Taf. B). Darin sind die Kohlen-

[1]) Im neuen Dienstgebäude besitzt das Amt für den vorliegenden Zweck ein Spiegelgalvanometer nach Deprez d'Arsonval, das in einem erschütterungsfreien Raum aufgestellt wurde.

[2]) Im neuen Dienstgebäude benutzt das Amt für den genannten Zweck einen Widerstandsofen mit Platinfolienwicklung von Heraeus. In dem eigentlichen Heizrohr liegt ohne Berührung mit diesem ein zweites Porzellanrohr, in dem die Probekörper mit den Thermoelementen liegen. (Vgl. nebenstehende Skizze.)

Fig. 12a.

Digitized by Google

stoffgehalte als Abscissen, und diejenigen Wärmegrade, bei denen der Beginn einer Wärmeentwicklung während der Abkühlung der Legierung beobachtet wurde, als Ordinaten aufgezeichnet. Derartige Schaubilder sind von Osmond und später von Roberts-Austen veröffentlicht worden. Das hier wiedergegebene ist als Kontrolle der älteren Versuche zu betrachten und hat besonders deswegen Wert, weil die verwandten Legierungen sehr arm an fremden Beimengungen, außer Eisen und Kohlenstoff, insbesondere sehr arm an Mangan sind. Eine erneute Bestimmung der Lage der Haltepunkte war unbedingt geboten, um sichere Anhalte für die in Abschnitt *E* aufgeführten Untersuchungen zu gewinnen, und später eine sichere Grundlage zu haben für die Beobachtung des Einflusses von Nickel auf die Lage der Punkte.

Der Punkt A_{r_1} konnte in dem sehr kohlenstoffarmen Material *S* 636 (0,08 % C.) nicht mehr wahrgenommen werden; dagegen zeigte sich bei etwa 610° C. ein Knick in der Schaulinie (s. Fig. 13), was eine Beobachtung Roberts-Austens bestätigt. Die Haltepunkte A_{r_1} liegen bei sämtlichen Kohlenstoffgehalten nahezu bei 700° C. und sind um so deutlicher ausgeprägt, je höher der Kohlenstoffgehalt steigt. Die Punkte A_{r_2} konnten getrennt nur bis zu einem Gehalt von 0,5 % C beobachtet werden, und lagen bis dahin unverändert bei 790° C. unabhängig vom Kohlenstoffgehalt. Der Punkt A_{r_3} liegt am höchsten bei niedrigstem Kohlenstoffgehalt; nimmt letzterer zu, so sinkt die Lage von A_{r_3}, bis bei 0,5 % C die Linie der A_{r_2} sich mit der der A_{r_3} vereinigt in Punkt *G*; beide sinken dann gemeinschaftlich und schneiden bei etwa 0,95 % C die Linie der A_{r_1} bei *B*. Bei Überschreitung dieses Kohlenstoffgehaltes treten entsprechend der Linie *B C* neue höher gelegene Haltepunkte auf, die aber bei höheren Kohlenstoffgehalten schwer zu beobachten sind, da der diesen Haltepunkten entsprechende Vorgang (Beginn der Ausscheidung von Cementit) stark an Verzögerungen (Unterkühlung) leidet.

Die Bedeutung der Linien *A G B C*, *F G*, *D B E* muß als bekannt vorausgesetzt werden[1]). Es entspricht Linie *AB* (Fig. 21, Taf. B) der Ausscheidung des Ferrits aus der erstarrten Legierung, *B C* der Ausscheidung von Cementit. Linie *D B E* entspricht der Bildung des Perlits. *F G* entspricht dem Beginn der magnetischen Umwandlung des Eisens.

Beobachtet man den Beginn der Verzögerungen im Material während der Erhitzung, so erhält man die Schaubilder (Fig. 22 bis 26, Taf. C). Die Beobachtungen sind weniger scharf, als die bei der Abkühlung, da man bei der Erhitzung von der Gleichförmigkeit der Wärmequelle abhängig ist. Der Beginn der Wärmebindung wird nach Osmond mit den Zeichen A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3} belegt. Es entspricht A_{c_1} dem Punkt A_{r_1}, also der Rückverwandlung des Perlits in Martensit; A_{c_2} dem Punkte A_{r_2}, also dem Ende der magnetischen Umwandlung des Eisens, A_{c_3} dem Punkt A_{r_3}, also der Auflösung des letzten Restes Ferrit in der Martensitmasse.

Da alle diese Umwandlungen sowohl während der Abkühlung, wie während der Erhitzung eine bestimmte Zeitdauer beanspruchen, so unterliegen sie einer Art Hysteresis. Durch schnellere Abkühlung werden die Punkte A_r tiefer gedrückt, durch schnellere

[1]) S. hierüber: E. Heyn: Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde. Verl. v. Graz & Gerlach (Joh. Stettner), Freiberg i Sa.

Der vorliegende Bericht kann als Ergänzung zu dem Inhalt dieses Buches betrachtet werden.

Erhitzung rücken die Punkte A_c höher. Da bei der Abkühlung die Abscheidungen von Ferrit, Perlit bezw. Cementit aus der homogenen festen Mutterlauge erfolgen, hat man größere Gewähr, die Punkte A_r auch bei einer nicht allzulangsamen Abkühlung, wie sie aus praktischen Gründen bei der Versuchsausführung erforderlich ist, in der nahezu richtigen Höhenlage zu erhalten. Bei der Erhitzung jedoch müssen Gemenge, z. B. Ferrit und Perlit oder Cementit und Perlit in die homogene feste Mutterlauge übergeführt werden. Es muß also etwas Ähnliches eintreten wie beim Zusammenschmelzen von Blei und Antimon, wo der Bildungspunkt der Legierung wesentlich höher liegt, als der Erstarrungspunkt, weil die einzelnen Gemengteile, um sich gegenseitig zu lösen, je nach dem Grade der Mischung verschieden lange Wege zurücklegen müssen und somit auch verschieden lange Zeit brauchen. Es ist demnach zu erwarten, daß die Punkte A_c viel empfindlicher gegenüber der Geschwindigkeit der Erhitzung sind, als die Punkte A_r gegenüber der Geschwindigkeit der Abkühlung. Sie liegen in Wirklichkeit auch stets höher als die letzteren. Ferner ist bei Vergleich der Punkte A_c und A_r in Rücksicht zu ziehen, daß in den Schaubildern Fig. 13 bis 20 (Taf. B) und 22 bis 25 (Taf. C) der Beginn von A_c bezw. von A_r angedeutet ist, und daß beide Wärmegrade den Wärmegradebereich, in dem sich die Umwandlung vollzieht, von beiden Seiten her abgrenzen, daß also z. B. dem Beginn von A_{r_3} das Ende der Umwandlung A_{c_3} entspricht.

E. Gefüge der Materialien im abgeschreckten Zustand. Einfluß der Abschrecktemperatur.

Von den Materialien C 13, A 12, B 12, A 11, B 10, B 9, A 16 wurden aus dem Überrest des gegossenen Blocks, dessen Lage zum gesamten Blockquerschnitt aus Fig. 1 hervorgeht, Plättchen von den Abmessungen $6 \times 9 \times 5$ mm herausgeschnitten. Die mit 1 bis 4 bezeichneten Proben lagen, wie Fig. 27 zeigt, längs der Blockkante ab. Die Abschreckproben wurden in folgender Weise durchgeführt. Zwei Plättchen, z. B. Nr. 1 und Nr. 7 wurden nach Fig. 28 durch Bindedraht zusammengebunden, nachdem zwischen beide die Lötstelle des Thermoelementes geklemmt war. Zur Aufnahme der Lötstelle und Elementendrähte war in einem der Plättchen, z. B. Nr. 7, eine Nut angebracht. Als eigentliche zur Untersuchung gelangende Abschreckproben wurden die Plättchen 1 bis 6 verwendet; die übrigen, Nr. 7 bis 12, dienten nur als Hinterlage wie in Fig. 28, um das Element zwischenklemmen zu können. Die Erhitzung erfolgte im elektrischen Ofen. Die Proben wurden in den auf t_0° C. vorgeheizten Ofen gebracht und bis zum Wärmegrad t_s schnell erhitzt. Alsdann wurde der Heizstrom abgestellt und die Probe im Ofen bis zur gewünschten Abschreckwärme t_a° C. abgekühlt, bei der die Abschreckung durch Herausreißen der Probe und Eintauchen in Wasser von t_w° C. erfolgte[1]).

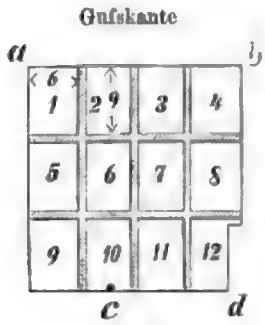


Fig. 27.

Fig. 28.

[1]) t_a wurde in dem Moment am Pyrometer abgelesen, als Zischen der Probe im Wasser begann.

Die in der Fig. 28 mit *ss* bezeichnete Fläche des Plättchens wurde alsdann poliert und zur mikroskopischen Prüfung verwendet.

Bei den nicht im gegossenen Zustand vorliegenden Vergleichsmaterialien (vgl. Tab. I) Schm. 16, S 611 wurde in ähnlicher Weise wie oben angegeben verfahren.

a) **Material C 13. Ursprünglicher Zustand gegossen. (Kohlenstoff 0,17 %.)**

Probe Nr. 5. Abgeschreckt bei $t_a = 650°$ C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1000°$; Dauer der Abkühlung von t_e bis t_a etwa 12 Minuten.)

Da die Abschreckung unterhalb des eutektischen Punktes A_{r1} erfolgte, war ein aus Perlit und Ferrit bestehendes Gefüge zu erwarten. Dies war auch der Fall, vgl. Lichtb. 75 und 76, Taf. IX. In letzterem sind bei 900facher Vergrößerung die Kennzeichen des Perlits deutlich zu erkennen. Der Perlitanteil am Gesichtsfeld beträgt etwa 19 %. Früher, s. Tab. II, wurden für den Blockrand 19,7 % Perlit im gegossenen Zustand ermittelt. Der Perlitgehalt hat somit durch das Abschrecken bei 650° C. keine Änderung erfahren. Nach Tiefätzung mit Kupferammonchlorid, Lichtb. 77, Taf. IX, zeigt der Ferrit die einzelnen Kristallkörner mit ihren Ätzfiguren. Die durchschnittliche Korngröße des Ferrits beträgt etwa 480 μ^2.

Probe Nr. 4. Abgeschreckt bei $t_a = 715°$ C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1025°$; Dauer der Abkühlung von t_e bis t_a etwa $10^1/_2$ Minuten.)

Die Abschreckung erfolgte dicht oberhalb A_{r1}, also oberhalb des Wärmegrades, bei dem die Perlitbildung erfolgt. Das Gefüge ist dargestellt durch die Lichtb. 78 und 79, Taf. IX. Nach dem Reliefpolieren (Lichtb. 78) erscheinen dunklere erhabene Inselchen in hellerer Grundmasse. Durch Ätzung mit alkoholischer Salzsäure[1]) werden die Inseln dunkel gefärbt, ohne deutliche Struktur; sie bestehen somit aus Troostit. Nur wenige Troostitinseln enthalten noch helle Einschlüsse eines Gefügebestandteiles, der nur sehr undeutlich und an einzelnen Stellen Andeutung von martensitartiger Zeichnung erkennen ließ, und somit als Martensit zu betrachten ist (s. Lichtb. 79, Taf. IX). Martensit und Troostit zeigen beim Reliefpolieren gleiche Härte. Sie unterscheiden sich voneinander nur dadurch, daß der Troostit beim Ätzen mit alkoholischer Salzsäure dunkel gefärbt wird. Nach der Tiefätzung mit Kupferammonchlorid[2]) werden sowohl Martensit wie Troostit tief dunkel gefärbt (s. Lichtb. 80, Taf. IX). Der Ferrit zeigt die einzelnen Kristallkörner mit ihren Ätzfiguren.

Troostit und Martensit zusammen nehmen 21 % von der Fläche des Gesichtsfeldes ein.

Probe Nr. 3. Abgeschreckt bei $t_a = 740°$ C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1020°$; Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $8^1/_2$ Minute.)

Die Gefügeverhältnisse sind ganz ähnlich wie bei Probe 4. Lichtb. 81, Taf. X, zeigt das Gefüge nach dem Reliefpolieren: Härtere Inseln in weicher Grundmasse von Ferrit. Nach Ätzung mit alkoholischer Salzsäure, vgl. Lichtb. 82, Taf. X, färben sich die Inseln zum größeren Teil dunkel (Troostit); stellenweise bleiben sie hell, wie dies

[1]) 1 cc Salzsäure (1,19) in 100 cc absol. Alkohol.

[2]) 12 g Kupferammonchlorid in 100 cc Wasser.

Digitized by Google

besonders auch aus dem bei stärkerer Vergrößerung aufgenommenen Lichtb. 83, Taf. X, hervorgeht. Die harten Inseln in Lichtb. 81 bestehen somit aus Troostit und Martensit. Die Martensitmenge ist etwas größer als bei Probe 4, wo die Inseln im wesentlichen nur aus Troostit bestanden. Nach Tiefätzung mit Kupferammonchlorid ergibt sich Lichtb. 84, Taf. X: Ferrit hell mit Ätzfiguren, Martensit und Troostit dunkel. Die Menge des Martensits und Troostits zusammen beträgt etwa 22,6 % der ganzen Fläche, ist also etwas größer als in Probe Nr. 4.

Probe Nr. 2. Abgeschreckt bei $t_a = 790°$ C. in Wasser von $17^3/_4°$ C. ($t_a = 1000°$; Dauer der Abkühlung von t_a auf t_a 6 Minuten.)

Das Reliefpolieren war erheblich schwieriger als bei den Proben 4 und 3, was auf geringeren Härteunterschied der härteren Inseln gegenüber der weicheren Grundmasse hinweist. Das Gefüge nach dem Reliefpolieren zeigt Lichtb. 85, Taf. X. Die Menge der harten Inseln hat gegenüber den Proben 4 und 3 erheblich zugenommen, sie beträgt 48,5 %. Dafür hat aber die Härte entsprechend dem geringeren Kohlenstoffgehalt abgenommen. Nach 14 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure wird der Ferrit schwach gelblich, der Troostit dunkel, der Martensit bleibt hell, und zwar heller als der Ferrit, vgl. Lichtb. 86, Taf. X. Der Anteil des Martensits an den harten Inseln ist gegenüber dem des Troostits erheblich größer als bei Probe 4 und 3.

Um das Verhalten von Troostit und Martensit bei fortgesetzter Ätzung zu verfolgen, wurde die Probe frisch poliert und 6 Minuten mit alkoholischer Salzsäure geätzt. An einer Stelle ergab sich das Bild 87, Taf. X, in 365facher Vergrößerung. Der Ferrit war schwach gelblich gefärbt und rauh infolge kleiner Ätzfiguren. Der Martensit war fast weiß; der Troostit gelbbraun. Er bildete einen Saum um den Martensit. Lichtb. 87, Taf. X, ist an einer Stelle aufgenommen, wo der Troostit gegenüber dem Martensit verhältnismäßig zurücktrat. Es gab im Schliff auch Stellen mit erheblich höherem Troostitgehalt. Die Ätzung wurde fortgesetzt bis zu einer Gesamtdauer von 10 Minuten. Das Ergebnis zeigt Lichtb. 88, Taf. X, und zwar ist die gleiche Stelle wie in Lichtb. 87, Taf. X, wieder abgebildet. Der Ferrit war fast unverändert, der Martensit war schwach gelblich gefärbt und zeigte deutlichen nadligen Aufbau, wie das Einzelbild 89, Taf. X, bei starker Vergrößerung erkennen läßt. Der Troostit war dunkelbraun gefärbt. Bei noch weiter fortgesetzter Ätzung bis zu einer Gesamtdauer von 15 Minuten ergab sich Lichtb. 90, Taf. X. Die Nadeln im Martensit waren undeutlicher, der Ferrit war weniger rauh, sonst war der Anblick ähnlich wie in Lichtb. 88, Taf. X.

Als wesentlich ist hervorzuheben, daß die relativen Mengen von Troostit und Martensit durch die Dauer der Ätzung nicht beeinflußt werden.

Nach Tiefätzung mit Kupferammonchlorid blieb der Martensit erhaben, der Ferrit hell und vertieft mit kennzeichnenden Ätzfiguren. Der Aufbau des Martensits war wegen der starken Ätzung nicht mehr zu erkennen. Die Tiefätzung eignet sich bekanntlich nicht, um die feineren Einzelheiten von Perlit und Martensit zu entwickeln. Lichtb. 91, Taf. XI, zeigt eine Stelle nach kurzer Behandlung mit Kupferammonchlorid. Der Martensit erscheint bräunlich und dunkler als der Ferrit, aber noch heller als der Troostit. Er ist stark erhaben gegenüber dem Ferrit. Der Troostit liegt etwas tiefer als der Martensit, aber wesentlich höher als der Ferrit. Die Lichtb. 93 und 92, Taf. XI,

zeigen die Umgebung einer Martensitinsel bei stärkerer Vergrößerung. Bei der Aufnahme von Lichtb. 93 wurde auf den tief liegenden Ferrit, bei Aufnahme von Lichtb. 92 auf den erhabenen Martensit scharf eingestellt. Der nadlige Aufbau desselben ist nicht mehr erkennbar. Die Ätzfiguren in Lichtb. 93 kennzeichnen den Ferrit.

Probe Nr. 1. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 17½° C.

($t_e = 1010°$ C.; Dauer der Abkürzung von t_e auf t_a 2½ Minuten.

Relief war durch Reliefpolieren nicht zu erzielen. Es sind also keine verschieden harten Gefügebestandteile vorhanden. Nach 15 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure zeigte sich das Gefüge wie in Lichtb. 94, Taf. XI. Dunklere und hellere Stellen wechselten miteinander ab. Bei stärkerer Vergrößerung (z. B. 900, Lichtb. 95, Taf. XI, zeigten die in Lichtb. 94 dunkel erscheinenden Stellen *d* teils deutliche Nadeln (wie in Lichtb. 95 abgebildet), teils aber auch verworrenes Gefüge. Die helleren Stellen *h* zeigten nadligen Aufbau. Es ist somit die ganze Masse martensitähnlich [1]).

Probe Nr. 6. Abgeschreckt bei 1100° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1100°$ C.)

Nach 10 Minuten langer Atzung mit alkoholischer Salzsäure erschien die ganze Schlifffläche gelblich gefärbt und mit dunkleren Stellen besät (s. Lichtb. 96 und 97, Taf. XI). Im letzteren zeigt der dunkle Fleck bereits bei 365facher Vergrößerung nadligen Aufbau. Noch deutlicher zeigt dies Lichtb. 98, Taf. XI, bei 900facher Vergrößerung. Deutliche Nadeln liegen in verworren aufgebauter ferritähnlicher Umgebung [1]). Die ganze Masse des Schliffes kann als Martensit betrachtet werden. Er ist aber ebensowenig wie bei Probe Nr. 1 homogen, sondern besteht aus mehreren Bestandteilen.

Die planimetrische Messung ergab folgende Zahlen für den Flächenanteil des Perlits bezw. des Martensits einschließlich des Troostits in den verschieden Proben 5 bis 2:

Probe Nr.	Abgeschreckt bei ° C.		Flächenanteil in %	
5	650	19,6	19	Perlit
	650	18,3		
4	715		21	Martensit einschließlich Troostit
3	740		22,0	desgl.
2	790		48,5	desgl.

In den Proben 1 und 6 ist die ganze Fläche als Martensit aufzufassen.

Auf Grund des Schaubildes Fig. 21 läßt sich, wie in Fig. 29 erläutert ist, die Menge des zu erwartenden Martensits einschließlich des Troostits berechnen, da diese beiden Gefügebestandteile zwar nicht identisch sind mit der festen Lösung, die oberhalb der Linien *A B C D* besteht, wohl aber dieser nahe stehen und wenigstens nahezu den gleichen Raum im abgeschreckten Material einnehmen werden, wie die feste Lösung bei Hitzegraden oberhalb des Linienzuges *A B C D*. Die Legierung des Eisens mit 0,17 % Kohlenstoff bei einem Wärmegrade *T* wird dargestellt durch den Punkt *O*. Wie aus

[1]) Ein Versuch zur Erklärung dieser Erscheinungen ist gemacht von E. Heyn: Labile und metastabile Gleichgewichte in Eisen-Kohlenstofflegierungen, Z. f. Elektrochem. 1904, S. 491.

Digitized by Google

Fig. 29 hervorgeht[1]), kann bei diesem Wärmegrade die Legierung nicht homogen bestehen, sondern zerfällt in die beiden festen Phasen P (kohlenstofffreies Eisen, Ferrit)

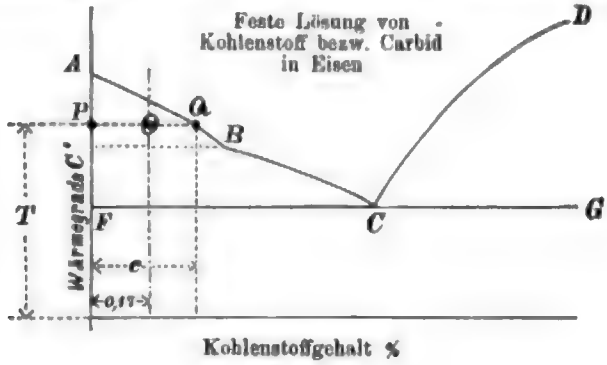


Fig. 29.

und Q (feste Lösung mit c % Kohlenstoff). Das Gewichtsverhältnis beider Phasen ergibt sich

$$\frac{\text{Phase } P}{\text{Phase } Q} = \frac{\text{Strecke } O\,Q}{\text{Strecke } O\,P}$$

Vernachlässigt man die geringfügigen Unterschiede im spezifischen Gewicht beider Phasen und setzt man gleichmäßige Verteilung derselben voraus, so muß auch das Flächenverhältnis von

$$\frac{\text{Ferrit}}{\text{Martensit} + \text{Troostit}} = \frac{O\,Q}{O\,P}$$

sein. Die Strecken $O\,Q$ und $O\,P$ lassen sich aus dem Schaubild Fig. 21 unmittelbar abmessen. Die auf diese Weise berechneten Gehalte an Martensit einschließlich Troostit sind in Schaubild Fig. 46, Tafel D, als Ordinaten für die verschiedenen Abschrecktemperaturen als Abscissen eingetragen. Die wirklich durch planimetrische Messung unter dem Mikroskop ermittelten Gehalte an Martensit (einschließlich Troostit) sind durch die ausgezogene Linie dargestellt. Beide Linien weichen etwas voneinander ab. Der beobachtete Martensitgehalt ist höher als der theoretisch zu erwartende, was auf eine Verzögerung in der Ferritausscheidung hinweist. Im vorliegenden Falle sind die Abschreckhitzen t_a von oben her durch Abkühlung von dem höheren Wärmegrade t_e auf t_a erzielt worden. Nach früheren Untersuchungen in der Versuchsanstalt liegt die beobachtete Martensitkurve unter der berechneten, wenn die Abschreckhitze t_a von unten her erzielt wird, weil hierbei wiederum eine Verzögerung in der Auflösung des Ferrits durch den Martensit eintritt. Die von den beiden durch Beobachtung ermittelten Martensitkurven eingeschlossene Fläche entspricht einer Art Hysteresisfläche, deren Größe abhängig ist von der Schnelligkeit, mit der der Wärmegrad t_a bei der Abkühlung beziehungsweise bei der Erhitzung erreicht wird. Mit wachsender Schnelligkeit wächst die Fläche.

[1]) Ausführlichere Erörterungen hierüber siehe E. Heyn, Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde.

Digitized by Google

Es wurde mit den zur Untersuchung vorliegenden Legierungen noch eine ganze Reihe von Abschreckversuchen angestellt, wobei die Proben mit dem zwischengeklemmten Thermoelement auf den Wärmegrad t_e erhitzt wurden. Alsdann wurden die Proben mit dem Element aus dem Ofen herausgenommen, und in dem Augenblick, wo das Element in der an der Luft rasch abkühlenden Probe den Wärmegrad t_a anzeigte, in Wasser abgeschreckt. Infolge der außerordentlich raschen, der Abschreckung vorausgehenden Abkühlung von t_e auf t_a lagen die beobachteten Martensitkurven erheblich mehr über den theoretisch berechneten als in den Schaubildern Fig. 46—54 (Tafel D). Ja es war sogar bei $t_a = 650°$ noch nicht einmal Perlitbildung eingetreten, sondern die Probe bestand noch aus Ferrit und Martensit. Infolge der raschen Abkühlung vor dem Abschrecken ist der Punkt Ar_1, der sonst bei 700° C. liegt, bis unter 650° C. heruntergedrückt worden.

Da der gesamte Kohlenstoff in den abgeschreckten Proben im Martensit und Troostit enthalten ist, der Ferrit als nahezu kohlenstofffrei angesehen werden kann, so läßt sich aus dem Kohlenstoffgehalt der Legierung (C = 0,17 %) und der beobachteten Menge Martensit (einschließlich Troostit) der Kohlenstoffgehalt des letzteren berechnen. Die so erhaltenen Werte sind ebenfalls in den Schaubildern Fig. 46—54 (Taf. D) wiedergegeben und zwar durch die strichpunktierte Linie, deren Ordinaten mit 100 dividiert den Kohlenstoffgehalt, anzeigen.

b) Material C 13. Ursprünglicher Zustand gewalzt (Kohlenstoff 0,14 %).

Die beiden nachgenannten Versuche wurden angestellt, um festzustellen, ob der Ausgangszustand (gegossen oder gewalzt) auf das Gefüge der Abschreckproben einen wesentlichen Einfluß ausübt.

Probe No. 2'. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1012°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 6 Minuten). Das Gefüge war ganz ähnlich demjenigen der Probe C 13 No. 2; es bestand aus Ferrit mit darin eingesprengten harten Inselchen, die vorwiegend aus Troostit gebildet waren und kleine Mengen von Martensit enthielten. In Lichtb. 99 Taf. XI ist in 900facher Vergrößerung in der Mitte des Gesichtsfeldes eine Martensitinsel abgebildet. Sie zeigt kurznadligen Aufbau. Der Martensit ist umgeben von dunklem Troostit. Der Rest des Gesichtsfeldes wird von durch Ätzfiguren aufgerauhtem Ferrit eingenommen.

Probe No. 1'. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1020°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 3¼ Minute). Das Gefüge wird durch die Lichtbilder 100 Taf. XI in 123facher, 101 Taf. XII in 365facher und 102 Taf. XII 900facher Vergrößerung dargestellt. Der Schliff wurde während des Ätzens mit alkoholischer Salzsäure schnell trübe. In gelblichem Grunde liegt verworrene dunklere Zeichnung. Bei starker Auflösung (Lichtb. 102 Taf. XII) erkennt man deutlich nadligen Aufbau, gebildet aus zwei Gefügebestandteilen, von denen der eine sehr an Ferrit erinnert. Das Ganze gilt als Martensit.

Nach obigen beiden Stichproben ist ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den aus dem gegossenen Block C 13 und dem aus den gewalzten Rundstab C 13 entnommenen Abschreckproben nicht vorhanden.

Digitized by Google

c) **Material Schm. 16.** (Geschmiedet.) **Kohlenstoff 0,14 %. Mn : 0,21 %.**

Dieses Material wurde wegen seines höheren Mangangehaltes zum Vergleich mit herangezogen, um eine Brücke nach den Osmondschen Untersuchungen zu erlangen, die sich auf manganhaltiges Eisen beziehen.

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 998°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 10 Minuten). Das Gefüge ist nach 10 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure in Lichtb. 103 Taf. XII in 123facher Vergrößerung dargestellt. Es ist gebildet aus Ferrit und dunklen Perlitinseln. Die Kennzeichen des Perlits sind erst bei stärkster Vergrößerung erkennbar. Die Menge des Perlits wurde zu 13,2 % ermittelt.

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 715° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 998°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $8^1/_2$ Minute.) Lichtb. 104 Taf. XII zeigt das Gefüge in 123facher, Lichtb. 105 Taf. XII in 365facher Vergrößerung nach 10 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure. In einer Grundmasse von Ferrit liegen harte Inseln von Martensit mit wenigen undeutlichen Nadeln. Um den Martensit herum liegt nur ein dünner Troostitsaum. Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied gegenüber Abschreckprobe C 13 No. 4, wo der Troostit vorwaltete. Es darf daraus geschlossen werden, daß unter sonst gleichen Umständen die Menge des Troostits mit steigendem Mangangehalt geringer wird.

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 740° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1000°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $7^1/_4$ Minute.) Nach 10 Minuten langer Ätzung in alkoholischer Salzsäure erhält man das in den Lichtbildern 106 Taf. XII bei 123facher, 107 Taf. XII bei 365facher Vergrößerung dargestellte Gefüge. Die Grundmasse wird aus Ferrit gebildet, der durch Ätzfiguren aufgerauht ist und deshalb bei schwächerer Vergrößerung etwas dunkel erscheint. Darin liegen Inseln von hellem Martensit, der von ganz dünnem Troostitsaum umrandet ist. Der Martensit ist bereits deutlich nadlig. Bezüglich der Troostitmenge vergleiche das bei Probe No. 4 Gesagte.

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1000°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $5^1/_2$ Minute.) Nach 15 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure erhält man Gefügebilder wie in Lichtb. 108 Taf. XII (123fache Vergrößerung) und 109 Taf. XII (365fache Vergrößerung). Der Ferrit ist hell und schwach aufgerauht. Im Ferrit liegen Martensitinseln von gelblicher Färbung. Der Martensit ist (s. Lichtb. 109) deutlich nadlig. Die Nadeln sind gelb gefärbt. Troostit ist kaum vorhanden.

Probe No. 1. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 998°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $2^1/_2$ Minute.) Nach 15 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure erscheint die ganze Schlifffläche aus Martensit mit ganz undeutlichen Nadeln bestehend, wie Lichtb. 110 Taf. XII in 365facher Vergrößerung zeigt. Nach dem Rand der Probe zu ist der Martensit dunkler gefärbt und deutlich nadlig aufgebaut, wie in Lichtb. 111 Taf. XIII. Im Martensit ist hier auch noch etwas ferritartige Masse eingesprengt.

Probe No. 6. Abgeschreckt bei 1100° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1100°$). Die ganze Masse besteht aus Martensit, der in der Mitte der Probe sehr undeutlich aufgebaut ist, am Rande hingegen ausgesprochen langnadligen Aufbau zeigt, wie aus Lichtb. 112 Taf. XIII in 365facher Vergrößerung hervorgeht. Auch hier sind im Martensit deutlich zwei verschiedene Bestandteile zu erkennen.

Auf Grund planimetrischer Messung wurden für die einzelnen Gefügebestandteile folgende Flächenanteile ermittelt:

Probe No.	Abgeschreckt bei °C.	Flächenanteil %	
5	650	13,2	Perlit,
4	715	25,8	Martensit,
3	740	37,2	-
2	790	38,4	-
1	900	100	-
6	1100	100	-

Schaubild Fig. 47 (Taf. D) gibt die Beziehung zwischen Abschrecktemperatur und Gehalt an Martensit bezw. Perlit wieder. Es bezeichnet wiederum die punktierte Linie die Kurve des berechneten Martensitgehalts, die ausgezogene die Kurve des tatsächlich ermittelten Gehaltes an Martensit + Troostit. Die strichpunktierte Linie gibt Aufschluß über den Kohlenstoffgehalt des Martensits (einschließlich des Troostits) in den verschiedenen Abschreckproben.

d) Material A 12. Ursprünglicher Zustand: gegossen (Kohlenstoff 0,80 % ff).

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1000°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 11½ Minute.)

Das Gefüge besteht aus hellem Ferrit und dunklem Perlit, s. Lichtb. 113 Taf. XIII in 123facher Vergrößerung. Der Perlit zeigt bei stärkerer Auflösung (V = 900) in Lichtb. 114 Taf. XIII deutlich die für ihn kennzeichnenden Merkmale. Die Menge des Perlits beträgt nur 16 % des gesamten Gesichtsfeldes (s. Bemerkung unten).

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 710° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1011°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 9¼ Minute.)

Nach dem Reliefpolieren zeigten sich harte Inseln in weicherer Grundmasse von Ferrit, s. Lichtb. 115 Taf. XIII. Lichtb. 116 Taf. XIII zeigt die gleiche Stelle wie Lichtbild 115 nach 10 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure. Die harten Inseln färbten sich zum größten Teil dunkel, sind also vorwiegend Troostit neben nur kleinen Mengen Martensit. Deutlich zeigt dies Lichtb. 117 Taf. XIII bei 365facher Vergrößerung. Der Troostit war ohne erkennbaren Aufbau von blaugrauer Färbung, der Martensit war schwach gelblich gefärbt und zeigte erst bei starker Vergrößerung und auch dann nur undeutlich Anzeichen von nadligem Aufbau ähnlich wie in Lichtbild 99 Taf. XI.

Digitized by Google

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 730° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1008°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $8^1/_2$ Minute.)

Das Gefüge war ganz ähnlich dem der Probe No. 4; nur war innerhalb der harten Inseln die Menge des Troostits etwas geringer zu gunsten des Martensits. Lichtb. 118 Taf. XIII zeigt das Gefüge nach dem Reliefpolieren bei 123facher Vergrößerung, Lichtb. 119 Taf. XIII nach 10 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure. Lichtb. 120 Taf. XIII gibt ein Einzelbild von Troostit in 900facher Vergrößerung, welches kennzeichnend für den Mangel des Troostits an innerer Gliederung ist.

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1015°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $6^1/_4$ Minute.)

Nach dem Reliefpolieren erschien der Ferrit etwas dunkel, s. Lichtb. 121 Taf. XIV in 123facher Vergrößerung. Durch länger fortgesetztes Polieren würde der Ferrit wieder hell geworden sein; da aber hierdurch die Unterscheidung der Gefügeteile schwieriger geworden wäre, wurde das Reliefpolieren etwas früher unterbrochen. Die härteren Inselchen nahmen etwa 44,6 % der ganzen Fläche ein. Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure ergab sich Lichtb. 122 Taf. XIV, welches genau dieselbe Stelle wiedergibt wie Lichtb. 121. Die Inseln bleiben zum Teil hell, zum Teil färben sie sich dunkel, sie bestehen somit aus Martensit und Troostit. Deutliche Nadeln sind im Martensit selbst bei 900facher Vergrößerung, vgl. Lichtb. 123 und 124 Taf. XIV nicht zu erkennen.

Probe No. 1. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1009°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 3 Minuten.)

Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war bei 123facher Vergrößerung die ganze Fläche gelblichbraun gefärbt, vgl. Lichtb. 125 Taf. XIV. In dieser Grundmasse lagen hellere Adern. Bei 365facher Vergrößerung (Lichtb. 126 Taf. XIV) zeigten die Adern ferritähnliche Ätzfiguren, noch deutlicher bei 900facher Vergrößerung in Lichtb. 127 Taf. XIV. Außerhalb der Adern ist deutlicher Nadelaufbau zu erkennen. Das Ganze ist als Martensit aufzufassen. Er besteht aber aus 2 Unterbestandteilen, ist also ein Gemenge.

Probe No. 6. Abgeschreckt bei 1100° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1100°$.)

Nach 10 Minuten andauernder Ätzung mit alkoholischer Salzsäure erschien, wie Lichtb. 128 Taf. XIV in 123facher Vergrößerung zeigt, die ganze Fläche ziemlich dunkelgelb bis gelblichbraun von verschiedener Helligkeit. Bei 365facher Vergrößerung (Lichtb. 129 Taf. XIV) werden bereits Nadeln sichtbar; noch deutlicher tritt dies ein bei 900facher Vergrößerung in Lichtb. 130 Taf. XIV. Die Nadeln sind vertieft gegenüber der Umgebung und stehen mit ferritartigen Überresten in Zusammenhang. Das Ganze ist Martensit, der aber auch hier wieder ein Gemenge zweier oder gar mehrerer Unterbestandteile darstellt.

Durch planimetrische Messungen wurde ermittelt (vgl. Fig. 48, Taf. D):

Digitized by Google

Probe No.	Abgeschreckt bei °C.	Flächenanteil %	
5	650	16	Perlit,
4	710	22	Martensit einschl. Troostit,
3	730	22	- - -
2	790	44,6	- - -
1	900	100	- - -
6	1100	100	- - -

Vergleicht man die entsprechenden Werte für die Flächenanteile in den Materialien A 12 und C 13, so ergibt sich:

A 12 (C = 0,20?) %	C 13 (C = 0,17) %
16	19
22	21
22	22,6
44,6	48,5

Sie liegen bei C 13 durchschnittlich höher, als die Werte für das Material A 12. Dies ist auffällig, da das Material A 12 0,20 % Kohlenstoff enthalten soll, also unbedingt die höheren Werte aufweisen müßte. Bei Gelegenheit der Besprechung der früheren Schaubilder Fig. 8 und 9 (Taf. A) wurde auch bereits darauf aufmerksam gemacht, daß Material A 12 keinen höheren Kohlenstoffgehalt besitzen kann als C 13, daß hier also eine Verwechselung oder ein Analysenfehler vorliegt. Diese Vermutung wird durch den oben angeführten Umstand wiederum voll bestätigt. Auf Grund des mikroskopischen Befundes (vgl. Tabelle II) müßte C 13 etwa 0,20 bis 0,21 %, A 12 dagegen nur 0,15 bis 0,19 % Kohlenstoff enthalten.

Die Kurven für den durch Versuch ermittelten berechneten Martensitgehalt und den berechneten Kohlenstoffgehalt des Martensits sind in der früher bereits besprochenen Weise in Schaubild Fig. 48 (Taf. D) eingezeichnet. Die letztere Kurve ist unter Zugrundelegung des angezweifelten Kohlenstoffgehaltes von 0,20 % ermittelt.

a) Material B 12. Ursprünglicher Zustand: gegossen (Kohlenstoff 0,20 %).

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1007°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 11½ Minute.)

Die Ätzung (3 Minuten in alkoholischer Salzsäure) ergab das in Lichtb. 131 Taf. XV dargestellte Bild. Eigentümlicher Weise waren nur Adern im Schliff vorhanden, in denen Ferrit und Perlit gut ausgeprägt waren. In der Umgebung dieser Adern war Perlit nicht deutlich zu unterscheiden. Es zeigte sich nur verschieden dunkel gefärbter Ferrit und es sah aus, als ob der Schliff an diesen Stellen mit einer dünnen Haut bedeckt sei. Wiederholte Ätzungen gaben immer das gleiche Bild. Meist lag in den Adern, in denen die Ätzung Perlit und Ferrit deutlich unterschied, ein Schlackeneinschluß, so z. B. in Lichtb. 132 Taf. XV. (Einzelabbildung des mittleren

Teils von Lichtb. 131 in 900facher Vergrößerung.) Der Perlit zeigt hierin seine Kennzeichen sehr deutlich.

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 715° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1002°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 9 Minuten.)

Nach dem Reliefpolieren wurden zwei Gefügebestandteile sichtbar, ein vertiefter etwas dunkler erscheinender und ein hellerer, härterer, vgl. Lichtb. 133 Taf. XV in 123facher Vergrößerung. Die gleiche Stelle zeigt Lichtb. 139 Taf. XV nach 10 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure. Der vertiefte Bestandteil erscheint jetzt hell, der härtere vorwiegend dunkel, mit kleinen Resten, die hell geblieben sind. Lichtbild 135 Taf. XV gibt bei 900facher Vergößerung das Gefüge wieder. Der vertiefte Bestandteil *F* ist Ferrit, erkennbar an seinen Ätzfiguren. Der härtere besteht zur Hauptsache aus Troostit *T*; nur kleine Stellen von hellem Martensit *M* ohne deutliche Struktur liegen im Troostit. Die Übergänge von Troostit zu Martensit sind verschwommen.

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 730° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1010°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 8 Minuten.)

Das nach 10 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure sichtbar gemachte Gefüge ist dargestellt in den Lichtbildern 136 Taf. XV in 123facher, 137 und 138 Taf. XV in 365facher Vergrößerung. Der Ferrit ist infolge Auftretens der Ätzfiguren rauh (Lichtb. 137 Taf. XV) und erscheint infolgedessen bei schwächerer Vergrößerung dunkler (Lichtb. 136 Taf. XV). Der in Lichtb. 136 weiß erscheinende Bestandteil zeigt, wie Lichtb. 137 erkennen läßt, deutlichen kurznadligen Aufbau,*) ist also Martensit *M*. An den Ecken und Rändern des Schliffs (Lichtb. 137) ist neben Ferrit *F* fast nur Martensit *M* vorhanden. Nach den inneren Teilen des Schliffes hin tritt Troostit allmählich in größeren Mengen auf, bis schließlich (s. Lichtb. 138 Taf. XV) nach der Mitte zu der Troostit überwiegt und nur kleine Überreste hellen Martensits übrig bleiben. Es ist zu betonen, daß trotz gleichstarker Ätzung der Troostit nicht so dunkel gefärbt war, wie in den Proben 1 und 2.

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1005°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 5¾ Minute.)

Ätzung 10 Minuten in alkoholischer Salzsäure. In den mittleren Teilen des Schliffs liegt fast nur Troostit verschiedener Färbung mit geringen Mengen von Martensit; s. Lichtb. 139 Taf. XV in 123facher Vergrößerung. Die Verteilung zwischen Troostit und Martensit war sehr unregelmäßig. Nach den Ecken des Schliffs zu nahm der Martensit zu, der Troostit ab, bis schließlich das Gefüge dem in Lichtb. 144 Taf. XVI abgebildeten glich. In einer Ecke des Schliffs, sowie längs eines Randes war Ferrit neben dem Troostit sichtbar. Lichtb. 140 Taf. XV zeigt eine Stelle des Schliffes in 365facher Vergrößerung. Das Gefüge besteht hier aus Martensit *M* und Troostit *T* von verschiedener Färbung. Der Martensit ist sehr feinnadlig.

*) In den Tafeln treten die Nadeln des Martensits infolge des Drucks nicht immer deutlich hervor. Die Beschreibung bezieht sich auf die ursprünglichen Photographieen und die Beobachtung am Schliff.

zed by Google

Probe No. 1. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1029°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 3 Minuten.)

Ätzung 10 Minuten in alkoholischer Salzsäure. Der Schliff ist in natürlicher Größe in Lichtb. 141 Taf. XVI abgebildet. Nach der Mitte zu erscheint er dunkler wegen Vorwaltens des Troostit; nach den Ecken zu sieht er heller aus wegen des Zurücktretens dieses Gefügebestandteils. Dies wird belegt durch die Lichtbilder 142, 143 und 144 Taf. XVI in 123facher Vergrößerung. Lichtb. 144 entspricht dem Gefüge in einer hellen Schliffecke, 143 einer Stelle zwischen Ecke und Mitte, 142 einer Stelle aus der Mitte des Schliffs. Der Troostit nimmt von der Ecke nach der Mitte hin zu. An den Stellen, wo der Troostit nur in geringen Mengen auftritt, ist er schwarz, an den Stellen, wo er vorwiegt, gelb bis braun gefärbt. Lichtb. 145 Taf. XVI gibt ein Einzelbild bei 365facher Vergrößerung. Der Martensit ist kurznadlig.

Probe No. 6. Abgeschreckt bei 1100° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1100°.)

Ätzung 10 Minuten in alkoholischer Salzsäure. Der Schliff ist in etwa natürlicher Größe in Lichtb. 146 Taf. XVI dargestellt. Er erscheint fleckig, an den Ecken ist er am hellsten, nach der Mitte zu verschieden dunkel, infolge verschieden starker Troostitbildung. Lichtb. 147 Taf. XVI gibt in 123facher Vergrößerung eine Stelle aus der hellen linken oberen Ecke in Lichtb. 146, Lichtb. 148 Taf. XVI eine Stelle aus der Mitte des Schliffes wieder, wo gerade ein dunklerer Fleck in einen etwas helleren übergeht. Lichtb. 149 Taf. XVI ist aus dem rechten Rand des Schliffes entnommen, an einer Stelle, wo der Martensit besonders deutlich nadlig war. Die Ausbildung der Nadeln war an verschiedenen Stellen des Schliffs verschieden. Meist war der Martensit kurznadliger als in Lichtb. 149 Taf. XVI.

Der Vergleich der Lichtbilder 142 Taf. XVI und 148 Taf. XVI zeigt, daß bei der höhern Abschrecktemperatur 1100° die Maschen des Troostitnetzes etwas gröber sind, als bei der niedern Abschrecktemperatur 900°.

Mittels Planimeters wurden folgende Werte ermittelt:

Probe No.	Abgeschreckt bei °C.	Flächenanteil %					
4	715	37	Ferrit, somit	63	Martensit einschl.	Troostit,	
3	730	32	- -	68	-	-	-
2	790	sehr geringe Meng.	Ferrit, somit fast	100	-	-	-
1	900	0	Ferrit, somit	100	-	-	-
6	1100	0	- -	100	-	-	-

Die gefundenen Werte sind in Schaubild Fig. 49 (Tafel D) eingetragen und mit den berechneten in Vergleich gestellt.

f) Material A II. Ursprünglicher Zustand: gegossen (Kohlenstoff 0,50 %).

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1009°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 11½ Minute.)

Digitized by Google

Nach 5 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure ergab sich das in den Lichtbildern 150 Taf. XVI in 123facher und 151 Taf. XVII in 900facher Vergrößerung dargestellte, aus Perlit und Ferrit aufgebaute Gefüge.

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 715° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1038°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $8^1/_2$ Minute.)

Nach 10 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war der Schliff ungleichmäßig gefärbt wegen ungleichmäßiger Troostitverteilung; vgl. Fig. 30. Die Ecken und Ränder des Schliffs sind im allgemeinen heller als die mittleren Teile. Deutlicher ist dies zu erkennen in einer anderen Probe aus demselben Material, die bei Gelegenheit anderer Versuche bei 710° C. abgeschreckt wurde und die in Lichtb. 152 Taf. XVII in etwa zweifacher Vergrößerung abgebildet ist. Da die Ecken und Ränder wegen der verhältnismäßig größeren auf Wärmeabgabe wirkenden Oberfläche beim Abschrecken in Wasser schnellere Wärmeentziehung erfahren, als die nach der Mitte zu gelegenen Teile, so ist daraus zu schließen, daß die Troostitbildung durch ein etwas weniger schroffes Abschrecken begünstigt wird, was ja auch damit übereinstimmt, daß man den Troostit als einen dem Martensit sehr nahestehenden Übergangsbestandteil nach dem Perlit hin auffaßt (Osmond).

Fig. 30.

Das Gefüge am Rand des Schliffes wird gekennzeichnet durch die Lichtb. 153 Taf. XVII in 123facher und 155 Taf. XVII in 365facher Vergrößerung. Es besteht aus Ferrit, der infolge der Ätzfiguren rauh und dunkler erscheint, und aus hellem Martensit mit verhältnismäßig deutlichem Nadelaufbau (Lichtb. 155 Taf. XVII). Troostit ist nur in untergeordnetem Maße vorhanden. Das Gefüge in den mittleren Teilen des Schliffes ist aus den Lichtbildern 154 Taf. XVII (V = 123) und 156 (V = 365) zu erkennen. Der Ferrit tritt hier etwas zurück; er ist von kräftigen Troostitbildungen umgeben, zwischen denen die hellen Martensitinseln liegen.

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 730° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1005°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $7^1/_4$ Minute.)

Nach 10 Minuten langer Atzung mit alkoholischer Salzsäure erschien der Schliff gefärbt wie in Fig. 31. Die Färbung rührt her von der Troostitverteilung und gilt hierüber das Gleiche wie bei Probe 4. Am Rand bestand das Gefüge aus Martensit, Troostit, Ferrit, wie die Lichtbilder 157 Taf. XVII (V = 123) und 158 Taf. XVII (V = 365) erkennen lassen. Der Ferrit erscheint bei schwacher Vergrößerung dunkel und ist schwer von Troostit zu unterscheiden; bei 365facher Vergrößerung dagegen (Lichtb. 158) sind deutlich die rauhen Ferritinseln zu erkennen, die von einem dunklen Troostitsaum umgrenzt in schön nadlig ausgebildetem, ungefärbtem Martensit liegen. Eine Stelle des Schliffes, die den Übergang zwischen Rand und Mitte bildet, ist in den Lichtbildern 159 Taf. XVII (V = 123) und 160 Taf. XVII (V = 365) dargestellt. Der Troostit hat sich erheblich vermehrt; in ihm liegen noch kleine Mengen rauhen Ferrits. Der Martensit hat dasselbe Aussehen wie am Rande. In der Mitte des Schliffes (vgl. Lichtbild 161 (V = 123) und 162 Taf. XVIII (V = 365) ist fast nur noch Troostit vorhanden von allen Farben, schwarz, braun, blau, gelb. Im Troostit liegen unscharf begrenzt hellere gelbliche, rauhe Einschlüsse (vgl. insbesondere Lichtb. 162 Taf. XVII) von ferritähnlichem

Fig. 31.

Aussehen. Der Martensit ist ganz untergeordnet vertreten; so liegt z. B. im Lichtbild 162 an der durch Pfeile bezeichneten Stelle eine einzige kleine, weiße Martensitinsel.

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1005°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 5 Minuten.)

Fig. 32 gibt ein ungefähres Bild von der Färbung des Schliffs nach 25 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure. An den hellen Stellen wird das Gefüge aus Martensit von deutlich nadligem Aufbau, mit einigen wenigen darin verstreuten Troostitpunkten gebildet, wie aus Lichtb. 163 Taf. XVIII (V = 365) hervorgeht. Den Übergang zwischen hellen und dunklen Teilen des Schliffs stellen die Lichtbilder 164 Taf. XVIII (V = 123) und 165 Taf. XVIII (V = 123) vor. Der Troostit nimmt auf Kosten des Martensits immer mehr überhand, bis schließlich im dunklen Teile des Schliffs das in Lichtb. 166 Taf. XVIII (V = 123) dargestellte Gefüge entsteht. Hier ist der Hauptbestandteil Troostit von verschiedener Färbung. In diesem liegen, s. Lichtb. 167 Taf. XVIII (V = 365), helle Martensitinseln; außerdem aber noch gelblich gefärbte, rauhe Inselchen, die mit dem Ferrit einige Ähnlichkeit haben, aber auch als hellgefärbter Troostit gelten können. Es gibt auch innerhalb der dunklen Teile des Schliffes Stellen, wo nur noch Troostit, ohne Reste von Martensit, vorhanden ist.

Fig. 32.

Probe No. 1. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1025°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $3^1/_2$ Minute).

Der Schliff (s. Skizze Fig. 33) war nach 15 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure bis auf zwei dunkle Streifen gleichmäßig hell gefärbt. Auf die Lage der beiden troostitreichen dunklen Streifen mag wohl der Bindedraht, mit dem die Proben um das Thermoelement herum festgebunden waren, einen Einfluß ausgeübt haben. In den Ecken entsprach das Gefüge dem Lichtb. 168 Taf. XVIII (V = 365): Martensit mit einigen dunklen Troostitpünktchen. Für den größten Teil des Schliffes maßgebend sind die Lichtbilder 169 Taf. XVIII (V = 123) und 170 Taf. XVIII (V = 365), die Martensit mit dunklen Troostitadern zeigen. Nur in den beiden dunklen Streifen im Schliff (s. Fig. 33) ist natürlich der Troostit stärker vertreten. Als wesentlicher Unterschied gegenüber Probe No. 2 ist der geringere Troostitgehalt hervorzuheben. Sonst sind die Verhältnisse ähnlich.

Fig. 33.

Probe No. 6. Abgeschreckt bei 1100° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1100°$.)

Nach 18 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war der Schliff nahezu gleichmäßig gefärbt. Das Gefüge besteht aus Martensit und Troostit. Der letztere durchzieht die Probe in Adern wie in Lichtb. 171 Taf. XIX (V = 123) und 172 Taf. XIX (V = 365). In der Mitte des Schliffs ist der Martensit sehr fein struiert (s. Lichtb. 172 Taf. XIX). Längs des Randes der Probe waren an manchen Stellen Troostitanhäufungen wie in Lichtb. 173 Taf. XIX links (V = 123) vorhanden. Von dort aus zogen sich nach innen Gruppen von heller gefärbten Nadeln, die gegenüber der Grundmasse vertieft lagen, also stärker angeätzt werden als der Martensit. Lichtb. 174 Taf. XIX gibt in 365facher Vergrößerung die Nadeln wieder. Lichtb. 173 Taf. XIX läßt das Schwächer-

Digitized by Google

werden der Färbung der Nadeln nach innen zu (rechts im Gesichtsfelde) erkennen. In der Mitte der Probe kommen solche Nadelbildungen nur vereinzelt vor.

Der vorgeätzte Schliff wurde noch 1 Minute mit einer 1prozentigen wässerigen Salzsäurelösung behandelt, wobei er als positive Elektrode eingehängt wurde. Die verwendete Stromstärke war 0,2 Amp. Das Aussehen des Schliffes wurde durch diese Behandlung nicht wesentlich geändert. Am Rand der Probe war der Martensit fleckenweise etwas dunkler gefärbt, s. Lichtb. 175 Taf. XIX (V = 365). Sonst zeigte der Martensit keine Veränderung. An den Troostitknotenpunkten war der Schliff etwas tiefer ausgefressen. In der Umgebung des Troostits zeigten sich Anlauffarben.

Die planimetrische Messung ergab (vgl. Fig. 50, Taf. D):

Probe No.	Abgeschreckt bei ° C.	Flächenanteil %
5	650	nicht genau bestimmt,
4	715	32 Ferrit entsprechend 68 % Martensit einschließlich Troostit,
3	730	kleine Mengen Ferrit, nicht bestimmbar,
2	790	Spuren von Ferrit?? Martensit einschließlich Troostit nahezu 100 %,
1	900	100 % Martensit einschließlich Troostit.
6	1100	

g) Material B 10. Ursprünglicher Zustand: gegossen (Kohlenstoff 0,75 %).

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1000°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 11 Minuten.)

Durch Ätzpolieren und Ätzen mit alkoholischer Salzsäure wurde das Gefüge nicht übersichtlich und deutlich erkennbar. Der Ferrit wurde dunkel, ehe der Perlit entwickelt war. Der Perlit war aber deutlich ausgebildet und zeigte die maßgebenden Kennzeichen. Nach Atzung mit Kupferammonchlorid war ein deutlicher Überblick über das Gefüge zu erlangen; vgl. Lichtb. 176 Taf. XIX (V = 123); der Ferrit ist hell, der Perlit dunkel.

Die planimetrische Messung ergab etwa 85 % Perlit.

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 715° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1000°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 7½ Minute.)

Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure zeigte der Schliff die in Fig. 34 wiedergegebene Färbung. Die dunklen Stellen sind troostitreicher. Die verhältnismäßig unregelmäßige Troostitverteilung ist jedenfalls auf den Einfluß der Bindedrähte, mit denen die Plättchen verbunden waren, zurückzuführen. (Eine bei anderer Gelegenheit ausgeführte Abschreckprobe 4′ (t_a = 710° C.) zeigte, wie Lichtb. 177 Taf. XIX in etwa 2¾ facher Vergrößerg. erkennen läßt, eine regelmäßigere Troostitverteilung, nämlich helle Ecken und dunkle Kreuzbildung.) An den kurzen Seiten der Probe, dicht am Rand war Ferrit bemerkbar, vgl. Lichtb. 178 Taf. XIX (V = 365). Der Ferrit erschien rauh und war von dunklem Troostitsaum umhüllt. An einigen Stellen am Rand

Fig. 34.

Digitized by Google

war die Troostitumhüllung stärker ausgebildet, s. Lichtb. 179 Taf. XIX (V = 365). Der Rest des Gesichtsfeldes entspricht deutlich nadligem Martensit. Nach der Mitte des Schliffs hin verschwand der Ferrit, es blieb nur noch Martensit und Troostit zurück. Die Troostitmenge in den in Fig. 34 grau gezeichneten, nach der Mitte zu gelegenen Teilen des Schliffs ergibt sich aus Lichtb. 180 Taf. XIX (V = 123) und 181 Taf. XIX (V = 123). Auffällig ist, daß der Martensit an den nach innen zu gelegenen Stellen keine deutlichen Nadeln mehr zeigte im Gegensatz zu dem Martensit am Rande. Härterisse waren nicht vorhanden.

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 730° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1018°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 7 Minuten.)

Nach 40 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war der Schliff nahezu gleichmäßig gefärbt, s. Fig. 35. Härterisse waren nicht vorhanden. An einer der kurzen Seiten des Schliffs waren noch Spuren von Ferrit erkennbar. Am Rande an der rechten Seite des Schliffs lag eine vereinzelte Stelle mit Andeutung von nadliger Anordnung des Troostits, s. Lichtb. 182 Taf. XX (V = 365). An den Randteilen des Schliffs war der Martensit deutlich nadlig, vgl. Lichtb. 183 Taf. XX (V = 365). Nach der Mitte des Schliffs zu waren deutliche Nadeln im Martensit nicht mehr zu erkennen. Eine kennzeichnende Stelle für die Martensitausbildung und Troostitverteilung in den mittleren Schliffteilen ist in den Lichtbildern 184 Taf. XX (V = 123) und 185 Taf. XX (V = 365) abgebildet. Nur ganz am Rande waren einige Stellen, die weniger Troostit enthielten.

Fig. 35.

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1008°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 5¾ Minute.)

Nach 30 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure erschien der Schliff gleichmäßig gefärbt, s. Fig. 36. Es waren kräftige Härterisse entstanden. Die Lichtbilder 186 Taf. XX (V = 123) und 187 Taf. XX (V = 365) geben eine Stelle aus der Mitte wieder. Das Gefüge ist im ganzen Schliff ungefähr das gleiche; es besteht aus Martensit mit geringen Mengen Troostit. An den Ecken und einigen Randstellen verschwindet der Troostit ganz. Der Martensit ist im allgemeinen feinnadlig (Lichtb. 187 Taf. XX); nur ganz am Rande stellenweise deutlicher nadlig. Nadlige Troostitanordnung wie in Probe No. 3 (Lichtb. 182 Taf. XX) war nicht vorhanden.

Fig. 36.

Probe No. 1. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1032°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 3½ Minute.)

Der Schliff war nach 30 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure gleichmäßig hell gefärbt, s. Fig. 37. Ein kräftiger Härteriß zog sich durch die Mitte der Probe. Nadlig angeordneter Troostit wie in Lichtb. 182 Taf. XX war nicht zu beobachten. Am Rande waren an einigen Stellen scharf erhabene ungefärbte Nadeln im Martensit erkennbar, s. Lichtb. 188 Taf. XX (V = 365). Der Troostit war nahezu gleichmäßig im Schliff verteilt. Maßgebend für die Verteilung ist Lichtb. 189 Taf. XX (V = 123) und Lichtb. 190 Taf. XX (V = 365). Im allgemeinen war der Martensit nur undeutlich struiert wie in Lichtb. 190 Taf. XX, selbst am Rande waren deutliche Nadeln nicht bemerkbar.

Fig. 37.

Digitized by Google

Probe No. 6. Abgeschreckt bei 1100° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1100°$.)

Der Schliff war von starken Härterissen durchsetzt. Nach etwa 30 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war er hell und ziemlich gleichmäßig gefärbt; s. Fig. 38. Nur einige etwas dunkler gefärbte Streifen zogen sich vom Rande nach innen. Am Rande, stellenweise auch in der Mitte an einigen Punkten lagen dunkle Nadeln etwas vertieft im hellen Martensit, s. Lichtb. 191 und 192, Taf. XXI (V=365). Die Stellen mit dunklen Nadeln bildeten ganz allmähliche Übergänge nach dem gewöhnlichen Martensit, dadurch daß die Nadeln allmählich immer heller gefärbt wurden, bis sie schließlich farblos waren. So waren sie z. B. im Lichtb. 193 Taf. XXI (V = 365) in der Ecke rechts unten schwarz und gingen nach links oben allmählich in gelblichbraune Färbung über. Die Photographie gibt die Helligkeitsunterschiede nicht ganz gut wieder. Am Rande war der Martensit vorwiegend deutlich nadlig ausgebildet, s. Lichtb. 194 Taf. XXI (V = 365), das dicht an Lichtb. 193 Taf. XXI anschließt. Nach der Schliffmitte zu wurde der Martensit weniger deutlich nadlig, vgl. Lichtb. 195 Taf. XXI (V = 365). Im Innern des Schliffs war der Troostit in Gruppen zusammengehäuft, wie Lichtb. 196 Taf. XXI (V = 123) erkennen läßt, außerhalb dieser Gruppen war der Schliff troostitfrei. Im Schliff lagen dunkle Flecken verteilt, von denen einer in Lichtb. 196 Taf. XXI dargestellt ist. In der Umgebung der Flecken lagen meist gelb bis bräunlich gefärbte Nadeln im Martensit, wie sie in Lichtb. 192 Taf. XXI abgebildet sind.

Fig. 38.

Als bemerkenswert für Material B 10 ist das Auftreten der gefärbten Nadeln im Martensit in der Probe No. 6 hervorzuheben, die bei sehr hoher Hitze abgeschreckt wurde. Ferner ist zu beachten, daß Material B 10 bereits bei einem Abschreckwärmegrade von 790° C. starke Härterisse zeigte, während Material A 11 kleine Härterisse erst beim Abschrecken von 1100° aufwies. Die Troostitbildung ist bei allen Abschreckwärmegraden bei Material B 10 geringer als bei den entsprechenden Abschreckproben der kohlenstoffärmeren Materialien.

b) Material B 9. Ursprünglicher Zustand: gegossen (Kohlenstoff 0,05 %).

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1020°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $11^3/_4$ Minute.)

Das Gefüge wird durch Perlit gebildet, wie er in Lichtb. 197 Taf. XXI (V = 900) dargestellt ist. Nur stellenweise waren ganz kleine Mengen von Ferrit noch sichtbar. Härterisse waren im Schliff nicht vorhanden.

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 712° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1000°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a $7^1/_2$ Minute.)

Der Schliff zeigte bereits einen Härteriß. Die Färbung des Schliffs nach 40 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure läßt Fig. 39 erkennen. An einigen Stellen erschien der Schliff dunkel, an anderen hell. Die hellen Stellen überwiegen bei weitem. Dementsprechend schwankte auch das Gefüge zwischen reinem Martensit und fast reinem Troostit an den dunkelsten Stellen. In den Randteilen des Schliffes lagen

Digitized b

zum Teil ungefärbte erhabene Nadeln im Martensit, vgl. Lichtb. 198 Taf. XXI (V = 365). Dunkle vertiefte Nadeln waren nicht vorhanden. Eine nach der Mitte des Schliffs zu gelegene Stelle gibt Lichtb. 199 Taf. XXI (V = 365), der Martensit ist deutlich nadlig. Über die Verteilung des Troostits geben die Lichtbilder 200, Taf. XXI, 201, 202 Taf. XXII (V = 123) Aufschluß. Lichtb. 200 zeigt eine Stelle, in welcher zum Martensit eben geringe Mengen von Troostit traten, 201 eine Stelle mit mehr Troostit und schließlich 202 eine Stelle mit höchstem Troostitgehalt. Solche dunkle Stellen waren nur wenige im Schliff. (Vgl. Fig. 39.)

Fig. 39.

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 730° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1020. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 7 Minuten.)

Der Schliff war von starken Härterissen durchsetzt, s. Fig. 40. Die Färbung nach 40 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure veranschaulicht die Figur ebenfalls. Das Gefüge schwankte wiederum wie bei Probe No. 4 zwischen reinem Martensit an den hellen und fast reinem Troostit an den dunkelsten Stellen. In Lichtb. 203 Taf. XXII (V = 123) ist eine von den letzteren abgebildet. Im Bilde links oben macht sich bereits der Übergang nach dem Martensit zu bemerkbar, während rechts unten der Martensit fast ganz zurücktritt. Am Rande der Probe waren erhabene ungefärbte Nadeln im Martensit eingelagert, wie Lichtb. 204 Taf. XXII (V = 365) zeigt. Nach der Mitte zu gingen diese Stellen in gewöhnlichen Martensit nach Art des in Lichtb. 205 Taf. XXII (V = 365) abgebildeten über. Dunkel gefärbte vertiefte Nadeln waren im Martensit nirgends anzutreffen. Lichtb. 206 Taf. XXII (V = 365) ist eine Abbildung einer Stelle aus dem dunklem Fleck in der Mitte des Schliffs. In den Martensitresten war noch deutlich der nadlige Aufbau zu erkennen.

Fig. 40.

Der Schliff wurde mit einprozentiger wässeriger Salzsäurelösung derart weiter geätzt, daß er als positive Elektrode in die Flüssigkeit kam. Die verwendete Stromstärke betrug 0,6 Amp.; die Ätzdauer $^1/_2$ Minute. Die hellen Nadeln in Lichtb. 204 Taf. XXII blieben hell; der Martensit, in dem sie lagen, war undeutlich gelbbraun gefärbt.

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1015°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 4$^1/_2$ Minute.)

Fig. 41 zeigt den Schliff nach 40 Minuten langer Ätzung mit alkoholischer Salzsäure; er war von einem Härteriß durchsetzt. Die Färbung war gleichmäßig. Der Troostit war gleichmäßig verteilt. Am Rande der Probe war der nadlige Aufbau des Martensits etwas deutlicher als in der Mitte. Dunkler gefärbte vertiefte Nadeln waren im Martensit nirgends sichtbar. Lichtb. 207 Taf. XXII (V = 123) und 208 Taf. XXII (V = 365) geben das Gefüge im ganzen Schliff wieder.

Fig. 41.

Probe No. 1. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1010°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 3 Minuten.)

Der Schliff war nach 30 Minuten Ätzung in alkoholischer Salzsäure fast gleichmäßig gefärbt, s. Fig. 42; nur links am Rande war eine kleine Troostitanhäufung. Starke Härterisse durchsetzten die Probe. Die durchschnittliche Verteilung des Troostits im Martensit zeigen Lichtb. 209 Taf. XXII (V = 123) und 210 Taf. XXII (V = 365). Lichtbild 211 Taf. XXIII (V = 365) zeigt den

Fig. 42.

Digitized by Google

Martensit in der Ecke rechts unten; er war besonders deutlich ausgebildet. In der Ecke links unten war die einzige Stelle mit dunklen Nadeln im Martensit, s. Lichtb. 212 Taf. XXIII (V = 365).

Probe No. 6. Abgeschreckt bei 1100° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1100°.)

Fig. 43.

Der Schliff war gleichmäßig gefärbt, s. Fig. 43. Er war stark von Härterissen durchsetzt. Ganz am äußersten Rand der Probe lagen dunkle Nadeln im Martensit, wie Lichtb. 213 Taf. XXIII (V = 365) zeigt. An den übrigen Stellen hatte der Martensit das Aussehen wie in Lichtb. 214 Taf. XXIII (V = 365).

Die gefärbten Nadeln im Martensit treten in Material B 9 bereits bei einem Abschreckgrad von 900° C. auf; ebenso zeigten sich schon bei niederen Abschreckwärmegraden Härterisse als bei Material B 10. Der Martensit war in allen Fällen deutlich nadlig aufgebaut. Über die Verteilung der Gefügebestandteile vgl. Fig. 52, Taf. D.

1) Material S 611. Cementstahl (Kohlenstoff 1,3 %).

Dieses Material wurde zur Untersuchung herangezogen, weil der Sprung im Kohlenstoffgehalt von B 9 (C = 0,95) nach A 16 (C = 2,08) zu groß war. Der Zementstahl war aus schwedischem Herdfrischeisen erzeugt. Eine vollständige Analyse lag nicht vor.

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1012°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 9½ Minute.)

Der Schliff war frei von Härterissen. Er färbte sich bei der Ätzung mit alkoholischer Salzsäure verhältnismäßig langsam. Nach 5 Minuten Ätzung war der Perlit erst schwach gelblich; erst nach 10 Minuten langer Ätzung erschien er bräunlich. Das Gefüge bestand aus Perlit und Zementit, vgl. Lichtb. 215 Taf. XXIII (V = 123) und 216 Taf. XXIII (V = 900).

Probe No. 6. Abgeschreckt bei 715° C. in Wasser von 18° C.
(t_e = 1007°. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 7 Minuten.)

Die Probe war frei von Härterissen. Nach 20 Minuten Ätzung in alkoholischer Salzsäure war das Gefüge wie in Lichtb. 217 Taf. XXIII (V = 365); es bestand aus gut nadligem Martensit; darin eingelagert waren Zementitinseln, die von dünnem dunklen Troostitsaum umhüllt waren.

Der Schliff wurde als positive Elektrode in eine Lösung von 1 cc konz. Salzsäure in 100 cc Wasser eingehängt und ½ Minute lang ein Strom von 0,2 Amp. durchgeschickt. Der Martensit wurde hierbei dunkler gefärbt, s. Lichtb. 218 Taf. XXIII (V = 123). Bei stärkerer Vergrößerung zeigte sich der Martensit aus einem hellen M_h und einem dunklen Bestandteil M_d aufgebaut, wie Lichtb. 219 Taf. XXIII (V = 365) erkennen läßt. Nicht an allen Stellen des Schliffs war dies mit gleicher Deutlichkeit wie in Lichtb. 219 zu erkennen.

Digitized by Google

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 800° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1012°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 5 Minuten.)

Die Probe war frei von Härterissen. Der Schliff wurde 15 Minuten in alkoholischer Salzsäure geätzt. Das Gefüge bestand aus Martensit und Zementit. Die Menge des letzteren Bestandteils war etwas geringer als bei Probe No. 6. Die eine Hälfte des Schliffes war heller gefärbt als die andere, s. Fig. 44 in natürlicher Größe. In der hellen oberen Hälfte bestand das Gefüge aus Zementit und feinnadligem Martensit, vgl. Lichtb. 220 Taf. XXIII (V = 123) und 221 Taf. XXIV (V = 365). In der dunkleren Schliffhälfte lag sehr wenig Zementit; der Martensit war grobnadlig, wie in Lichtb. 222 Taf. XXIV (V = 365).

Fig. 44.

Der Schliff wurde weiter geätzt dadurch, daß er als positive Elektrode in einprozentige wässerige Salzsäure eingehängt und ½ Minute lang ein Strom von 0,2 Amp. durchgeleitet wurde. Hierbei war die obere Hälfte des Schliffs gelb, die untere blau angelaufen. Die erstere zeigte nur gelbbraune Färbung des Martensits, die Masse desselben scheint gleichartig. Die untere Hälfte dagegen zeigte namentlich an den Stellen, wo vorher der Martensit besonders grobnadlig gewesen war, deutlich zwei verschiedene Gefügeelemente im Martensit, von denen das eine dunkler angelaufen war, als das andere. So zeigt z. B. Lichtb. 223 Taf. XXIV (V = 365) eine Stelle, in der braune Nadeln in gelbem Grunde lagen. Die in Lichtb. 222 Taf. XXIV heller erscheinenden erhabenen Nadeln erschienen nach der Nachätzung gelbbraun, der Rest blau. Im übrigen waren Veränderungen durch die Nachätzung nicht eingetreten.

Die beiden Grundelemente des Martensits sollen im folgenden mit M_d und M_h bezeichnet werden (vgl. in No. 6). Nach Ätzung mit alkoholischer Salzsäure erscheint M_h in Relief.

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 900° C. in Wasser von 18° C.
($t_e = 1000°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_a 2½ Minute.)

Nach 60 Minuten langer Atzung mit alkoholischer Salzsäure war die Färbung des Schliffs gleichmäßig. Das Gefüge bestand aus Martensit und Zementit, wie Lichtbild 224 Taf. XXIV (V = 123), 225 Taf. XXIV (V = 365), 226 Taf. XXIV (V = 365) erkennen lassen. In Lichtb. 225 Taf. XXIV sind längs der Zementiteinschlüsse verlaufende feine Härterisse erkennbar. Der Martensit ist ziemlich grobnadlig.

Nach Nachätzung, 1 Minute in wässeriger 1prozentiger Salzsäure unter Mitwirkung eines elektrischen von einem Meidingerelement erzeugten Stromes, erschien der Martensit bei schwacher Vergrößerung dunkel, s. Lichtb. 227 Taf. XXIV (V = 123). Der Zementit war strahlig angeordnet. Bei V = 365 in Lichtb. 228 Taf. XXIV erkennt man im Martensit dunklere Nadeln M_d in hellerer Grundmasse M_h (s. später i, Probe 2).

Probe No. 1. Abgeschreckt bei 1090° C. in Wasser von 1° C.
($t_e = 1090°$).

Nach 31 Minuten Ätzung in alkoholischer Salzsäure zeigte sich nur Martensit, kein Zementit. Der Martensit war stark grobnadlig, wie in Lichtb. 229 Taf. XXIV (V = 365). Erhabene Nadeln lagen in vertiefter Grundmasse. Nach ¾ Minute langer Nachätzung in 1prozentiger wässeriger Salzsäure unter Vermittelung des Stromes eines Meidinger-

Digitized by Google

Elements zeigte die gleiche Stelle wie in 229 Taf. XXIV das in 230 Taf. XXIV (V = 365) wiedergegebene Aussehen. Die vorher erhabenen Nadeln waren ungefärbt, der Rest hat dunkle Färbung angenommen. Der Martensit besteht also wieder aus 2 Grundelementen M_h und M_d.

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 1180° C. in Wasser von 1° C. (t_e = 1180°.)

Nach Ätzung mit alkoholischer Salzsäure erschien grobnadliger Martensit. Zementit war nicht vorhanden. Der Schliff wurde neu poliert und unter Verwendung von Süßholzauszug ätzpoliert. Der Martensit zeigte das Aussehen wie in Lichtb. 231 Taf. XXV (V = 365). Gelblich gefärbte, rauhe Nadeln lagen vertieft gegenüber der härteren weißen Masse. Der Schliff wurde nun als positiver Pol in eine wässerige 1prozentige Salzsäurelösung eingehängt und es wurde ½ Minute lang ein Strom von 0,2 Amp. durchgeleitet. Die zweite Elektrode war aus Platin. Das Ergebnis der Ätzung ist in Lichtb. 232 Taf. XXV dargestellt. Es entspricht derselben Stelle wie in Lichtb. 231 Taf. XXV, so daß man unmittelbar die Wirkung der Nachätzung vergleichen kann. Die vertieften Nadeln sind braun bis blau angelaufen, entsprechen also M_d; der erhabene Gefügebestandteil ist ungefärbt geblieben, entspricht also M_h. M_h ist beim Ätzpolieren erhaben, muß also das härtere von beiden Elementen sein. Keiner der beiden Bestandteile M_h und M_d war mit einer Nähnadel ritzbar.

Nach der Osmondschen Definition könnte man annehmen, daß M_h dem Austenit entspricht; nur stimmen die Angaben über die Härte nicht überein. Auch aus feinen Schleifrissen, die durch das Gesichtsfeld setzten, konnte ein merkbarer Härteunterschied zwischen M_h und M_d nicht erkannt werden. — Da M_h in allen Abschreckproben von der Abschreckwärme 715° C. aufwärts vorkommt, entspricht er auch nicht der Osmondschen Definition von Austenit, der erst bei hohen Abschreckhitzen auftreten soll.

Es soll wegen dieser Abweichung die Summe der Bestandteile $M_h + M_d$ als Martensit angesehen werden. Es war ja auch bei den kohlenstoffärmeren Legierungen der Martensit bei Abschreckwärmegraden über 900° C. in zwei (bez. mehrere) Elemente trennbar, ohne daß man für diese Elemente neue Namen eingeführt hätte.

Die planimetrische Ermittelung des Anteils der einzelnen Gefügeelemente im Gesichtsfeld ergibt sich aus folgender Tabelle:

Probe No.	Abgeschreckt bei ° C.	Flächenanteil %				
5	650	22,5	Zementit,	demnach	77,5 %	Perlit,
6	715	19,2	-	-	80,8 -	Martensit,
4	800	14,8	-	-	85,2 -	-
3	900	12,6	-	-	87,4 -	-
1	1090	0	-	-	100,0 -	-
2	1180		(vgl. Fig. 53, Taf. I).			

Ein Vergleich der ermittelten Martensitmenge mit der theoretisch zu erwartenden hat keinen Zweck, da die Lage der Kurve *BC* im Schaubild Fig. 21 (Taf. B) wenig sicher ist.

Digitized by Google

Auffällig ist, daß das Material S 611 trotz seines höheren Kohlenstoffgehaltes gegenüber der Härterifsbildung weniger empfindlich ist, als die Materialien B 9 und B 10.

k) Material A 16. Ursprünglicher Zustand: gegossen (Kohlenstoff 2,08 %).

Probe No. 2. Abgeschreckt bei 650° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1029°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_u 10¼ Minute.)

Nach 5 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure zeigte der Schliff Perlit und Zementit. Den Beweis für das Vorhandensein von Perlit liefern die Lichtbilder 233 und 234 Taf. XXV (V = 900). Die Verteilung zwischen Perlit und Zementit geht aus den Lichtbildern 235 Taf. XXV (V = 29), 236 Taf. XXV (V = 123), 237 Taf. XXV (V = 225(hervor. Im Zementit lagen kleine Einlagerungen von Perlit.

Probe No. 3. Abgeschreckt bei 720° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1023°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_u 7¾ Minute.)

Nach dem Reliefpolieren ergab sich Lichtb. 238 Taf. XXV (V = 123). Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure ergab sich das in Lichtb. 239 Taf. XXV (V = 225) und 240 Taf. XXV (V = 365) dargestellte Gefüge, das aus Martensit und Zementit bestand. Der Martensit war undeutlich, verworren aufgebaut. Troostit trat nur in Form dunkler Fleckchen auf.

Probe No. 4. Abgeschreckt bei 750° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1023°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_u 7 Minuten.)

Das Gefüge nach dem Reliefpolieren ist in Lichtb. 241 Taf. XXVI (V = 123) dargestellt. Harte Zementitadern liegen in etwas weicherer Grundmasse. Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure zeigte der Schliff, wie in Fig. 45 angedeutet, an den beiden Langseiten zwei dunkle Stellen mit stärkerer Troostitanhäufung. Das Gefüge innerhalb der dunklen Stellen wird dargestellt durch Lichtb. 242 Taf. XXVI (V = 225), dasjenige im hellen Teil des Schliffs durch Lichtb. 243 Taf. XXVI (V = 225). Es besteht aus Zementit, Martensit, Troostit. Der Troostit ist nur noch in Form dunkler Fleckchen vorhanden. Der Aufbau des Martensits ergibt sich aus Lichtb. 244 Taf. XXVI (V = 365). Die Nadeln sind bereits etwas weniger verworren als in Probe 3. Die Zementitinseln sind durch Adern verbunden.

Fig. 45.

Probe No. 5. Abgeschreckt bei 790° C. in Wasser von 18° C.

($t_e = 1020°$. Dauer der Abkühlung von t_e auf t_u 5½ Minute.)

Das Gefüge nach dem Reliefpolieren ist dargestellt in Lichtb. 245 Taf. XXVI (V = 123). Harte Zementitadern liegen in einer weicheren Grundmasse. Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war der Schliff gleichmäßig gefärbt und zeigte das Gefüge wie in Lichtb. 246 Taf. XXVI (V = 225) und 247 Taf. XXVI (V = 365). Die Grundmasse ist Martensit mit Spuren dunklen Troostits.

Digitized by Google

Probe No. 6. Abgeschreckt bei [illegible]° C. in Wasser von 18° C.
(t_1 = 1025°. Dauer der Abkühlung von t_1 auf t_4 3 Minuten.)

Das Gefüge war ähnlich wie bei Probe No. 5. Nach dem Reliefpolieren ist es dargestellt in Lichtb. 248 Taf. XXVI (V = 123). Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war der Schliff gleichmäßig gefärbt. Es ergaben sich die Gefügebilder 249 Taf. XXVI (V = 225) und 250 Taf. XXVI (V = 365). Die Martensitnadeln sind bereits lang und deutlich. Troostit war nur in Form dunkler Punkte vorhanden.

Probe No. 7. Abgeschreckt bei 1049° C. in Wasser von 18° C.
(t_1 = 1050°.)

Nach dem Reliefpolieren wurde Lichtb. 251 Taf. XXVI aufgenommen (V = 123). Harter Zementit lag in einer weicheren Grundmasse. An den der Blockkante entsprechenden Stellen des Schliffs war noch Andeutung an die strahlige Zementitanordnung zu erkennen, wie im nicht abgeschreckten Schliff, Lichtb. 71 Taf. IX. Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure war der Schliff gleichmäßig gefärbt. Es ergab sich das Lichtb. 252 Taf. XXVII (V = 225). Der äußerste Rand der Probe zeigte nur Martensit, keinen Zementit mehr. Im Innern des Schliffs war das Gefüge wie in Lichtb. 252 Taf. XXVII, es bestand aus Zementit und Martensit. Die langen Nadeln des letzteren waren schon bei V = 225 deutlich erkennbar. Im Martensit lagen dunkle Linienzüge, wie in Lichtb. 253 Taf. XXVII (V = 900) und 254 Taf. XXVII (V = 900), die Ähnlichkeit mit Troostit haben, wenn es auch fraglich erscheint, ob Troostit bei so hohen Abschreckwärmegraden noch auftreten kann. Die langen Nadeln im Martensit lagen erhaben (s. besonders Lichtb. 253 Taf. XXVII). Nach 1 Minute langer Tiefätzung mit Kupferammonchlorid blieb der Zementit spiegelblank und unangegriffen, vgl. Lichtb. 255 Taf. XXVII (V = 900). Der Martensit war zum Teil noch von einem Überzug bedeckt (schwarz erscheinend in Lichtb. 255), teils lag er frei und zeigte palmblattähnliche Einlagerungen, entsprechend den erhabenen Nadeln in Lichtb. 253, während in seiner Grundmasse quadrat- oder rhombenähnliche Ätzfiguren regelmäßig angeordnet waren. Der Martensit bestand somit zweifellos wieder aus zwei Unterbestandteilen.

Die Probe wurde abgeschliffen und neupoliert, darauf ätzpoliert. Das Ergebnis ist in Lichtb. 256 Taf. XXVII (V = 365) dargestellt. Durch das Ätzpolieren ist der Aufbau des Martensits nicht deutlich erkennbar geworden. Zwischen den Zementitinseln laufen erhabene Verbindungsadern. Nach 10 Minuten Ätzung mit alkoholischer Salzsäure, s. Lichtb. 257 Taf. XXVII (V = 365) erschienen diese harten Adern dunkelgefärbt. Nach 25 Minuten langer Ätzung mit dem gleichen Ätzmittel war der Martensit wieder so deutlich entwickelt wie in Lichtb. 253 Taf. XXVII. Die harten Adern waren wieder hell mit dunklen Seiten beiderseits.

Die Probe wurde noch als positiver Pol in 1prozentige verdünnte Salzsäure eingehängt und unter Vermittelung eines elektrischen Stromes von 0,2 Amp. $^1/_2$ Minute lang geätzt. Die Hauptmasse des Martensits war dadurch gelbbraun gefärbt; die palmenblattartigen erhabenen Nadeln waren heller gefärbt, s. Lichtb. 258 Taf. XXVII (V = 365). Die Verbindungsadern zwischen den Zementitinseln erschienen tiefblau und verwaschen begrenzt.

Digitized by Google

Das Ergebnis der planimetrischen Messungen in den einzelnen Proben ist in folgender Tabelle zusammengestellt (vgl. Fig. 54, Taf. D):

Probe No.	Abgeschreckt bei °C.	Flächenanteil %						
2	650	27	Zementit,	73 %	Perlit,			
3	720	23	-	77 -	Martensit	+	Troostit,	
4	750	23	-	77 -	-	-	-	
5	790	20	-	80 -	-	-	-	
6	899	18,5	-	81,5 -	-	-	-	
7	1049	16,8	-	83,2 -	-	-	-	

Selbst bei der höchsten Abschreckhitze ist der Zementit noch nicht ganz verschwunden.

Beachtenswert ist das Fehlen von Härterissen in sämtlichen Proben.

Danach scheint die Neigung zur Bildung von Härterissen unter sonst gleichen Verhältnissen mit Annäherung des Kohlenstoffgehaltes an 1 % stark zuzunehmen und bei Überschreiten dieses Betrages sich wieder zu verringern.

In Schaubild Fig. 55 (Taf. D) ist der Abschreckwärmegrad, bei dem die Proben zuerst Härterisse zeigten, graphisch mit Bezug auf den Kohlenstoffgehalt der Proben dargestellt. Die Probe S 611 paßt nicht ganz in die Reihe, weil sie ursprünglich nicht im gegossenen Zustande vorlag. Indessen ist ein Zementstahl naturgemäß stark überhitzt, so daß sein Zustand dem des gegossenen Materials bis zu einem gewissen Grade sehr ähnlich ist. Es ist möglich, daß die Neigung zu Härterißbildung in dem geschmiedeten Material geringer ist, als beim gegossenen. Von wissenschaftlichem Interesse ist, daß die Neigung zur Härterißbildung bei der eutektischen Legierung mit nahezu 1 % Kohlenstoff ihren Höchstwert erreicht.

Digitized by Google

IV. Kleinere Mitteilungen.

Ansprache

an das Personal der Maschinenfabrik und Eisengießerei von C. Hummel in Berlin.

am 23. November 1904.

Die wehende Fahne auf dem Turm unserer Werkstatt hat es Ihnen schon gesagt, daß wir einen Festtag zu begehen haben. Hundert Jahre sind vergangen, seit mein Großvater

Johann Caspar Hummel

die jetzt von mir geführte Firma begründete, indem er für seine Werkstatt das Haus Kirchhofstraße 10, jetzt Johannisstraße 2 erwarb, in welchem ich noch heut wohne. Der 24. November ist der Geburtstag dieses Mannes und darum soll morgen unsere Arbeit ruhen. Lassen Sie mich Ihnen daher in kurzen Zügen darlegen, was mein Großvater geleistet hat und warum nicht allein ich als sein Nachkomme und Nachfolger im Geschäft, sondern auch unser Vaterland in Ehrerbietung dieses echt deutschen Mannes zu gedenken hat.

In Cassel, der Hauptstadt der Landgrafschaft Hessen, im Jahre 1776 als der Sohn eines Schlossermeisters geboren, erlernte er dessen Handwerk, wurde aber Soldat, als die europäischen Staaten 1793 den ersten Koalitionskrieg gegen die französische Republik eröffneten. Hummel geriet in Gefangenschaft, wurde in französischen Militärwerkstätten beschäftigt und lernte die dort verwendeten Maschinen kennen. Nach dem Friedensschluß in seine Vaterstadt zurückgekehrt, verfertigte er sich das Modell einer Kanonenbohrmaschine, wie er sie in Frankreich kennen gelernt hatte und durch glückliche Umstände kam es dahin, daß der König von Preußen Friedrich Wilhelm III ihm anbot, sich in Berlin niederzulassen und für die preußische Artillerie eine solche Maschine zu bauen, in welcher ein Fortschritt gegen die bisherigen Einrichtungen erkannt wurde.

Nachdem er diese Aufgabe, dank den Beihülfen des Staates gelöst hatte und die Maschine dem Betriebe übergeben werden sollte, zerstörte der inzwischen zum Kaiser von Frankreich erwählte Napoléon Bonaparte durch die Schlacht bei Jena 1806 das Glück Preußens und auch Hummels hoffnungsvolles Werk. Die Franzosen besetzten Berlin und brachten die Kanonenbohrmaschine als Beutestück nach Frankreich. Wie

Digitized by Google

in ganz Deutschland und in einem großen Teile des übrigen Europa, so begannen nun auch für meinen Großvater Jahre des Elendes und der Not. Er hatte zwar neben seinen Arbeiten für die Artillerie bald auch bei Privatleuten durch Anfertigung von Schlosser- und Schmiedearbeiten, sowie durch den Bau von Werkzeugmaschinen und Hebemaschinen Beschäftigung gefunden, aber daß auch hierin während der schweren Kriegsjahre der Bedarf sehr gering war, ist begreiflich, namentlich wenn man sich vergegenwärtigt, mit wie bescheidenen Hilfsmitteln damals die Gewerbe fertig wurden. Hummel entschloß sich daher, die Fabrikation von Metallknöpfen aufzunehmen, welche in der Kleidung der Herren Mode waren. Er baute sich die dazu erforderlichen Maschinen selbst und fand dann in den Jahren 1812 bis 1817 bei den Schneidern, Kaufleuten und auf den großen Messen in Leipzig und Frankfurt genügenden Absatz für seine Knöpfe.

Inzwischen war aber Deutschland durch die Völkerschlacht bei Leipzig 1813 von der französischen Plage befreit worden, die Verbündeten waren 1814 in Paris eingezogen und die Victoria mit dem Viergespann, welche Napoléon von dem Brandenburger Tor in Berlin als Kriegsbeute nach Frankreich geschleppt hatte, wurde stark beschädigt wieder zurückgebracht. Hummel reparierte sie durch Einbauen eines kräftigen Eisengerippes, stellte sie auf dem Brandenburger Tor wieder auf, verfertigte die eisernen Feuerbecken und Schmuckstücke, welche bei der Siegesfeier verwendet wurden und mußte während derselben mit seinen Leuten auch die Freudenfeuer anzünden und unterhalten.

Bedeutende Schlosser- und Schmiedearbeiten haben ihn dann in den Jahren bis etwa 1824 beschäftigt. In dieser Zeit erwachsender Friedensarbeit wurde kaum ein bedeutender öffentlicher Bau in Berlin ausgeführt, bei dem Hummel nicht tatkräftig mitgewirkt hätte. Das Königliche Schauspielhaus, welches in den Jahren 1819 bis 1821 unter Leitung des berühmten Architekten Schinkel erbaut wurde, erhielt alle großen Eisenkonstruktionen, auch ein Wasserpumpwerk von Hummel. Dort und im Königl. Opernhause wurden von ihm Bühnen-Maschinerien aller Art aufgestellt. Für das Potsdamer Tor, für die Schloßbrücke, Jungfernbrücke, Gertraudenbrücke und Langebrücke machte er die Gitter und für die Brücken die Maschinen zum Aufziehen der Klappen, dem Packhof am Kupfergraben lieferte er die Winden, dem Botanischen Garten ein großes, eisernes Dach auf dem Palmenhause und vielen öffentlichen und Privatgebäuden eiserne Fenster und Blitzableiter.

Auch große Fabrikanlagen führte er in diesen Jahren aus, so für die Königl. Porzellanfabrik, die Königl. Gesundheits-Geschirrfabrik und die Ofenfabrik von Feilner.

Mit dem Eintritte des Friedens hatte auch das Kriegsministerium wieder begonnen, die Ausrüstung der Armee zu verbessern. Bis zum Jahre 1843 hatte Hummel daher für die Artillerie Drehbänke, Bohrmaschinen, Kugelformmaschinen, für das Raketenlaboratorium verschiedene Pressen, für die Pulverfabrik eine vollständige neue Einrichtung zu liefern und seine Tätigkeit in dieser Richtung erreichte ihren Höhepunkt, als er den Bau einer neuen Geschützbohrmaschine- und Drehbank beendete und dieselben nach Beendigung seiner Probearbeiten im Jahre 1832 der Artillerie übergab.

Digitized by Google

Als Hummel bei Begründung seines Geschäftes 1804 auf Befehl des Königs durch die Schenkung von Werkzeugen unterstützt wurde, kam es jedoch nicht lediglich darauf an, dem Militär Hilfsmittel zu schaffen, sondern es geschah mit der vertragsmäßigen Verpflichtung

„Maschinen und mechanische Werkzeuge für inländische Fabrikanten und Künstler mit seiner Kenntnis und der erforderlichen Genauigkeit anzufertigen."

In diesem Bestreben, die Privatindustrie in Preußen durch Förderung des Maschinenbaues zu heben, hat die Regierung in Hummel einen praktischen und bis an sein Lebensende unermüdlichen gewissenhaften Helfer gehabt. Daß man dies würdigte, sehen Sie daran, daß am Sockel des Standbildes, welches man dem Geheimen Oberfinanzrat Beuth auf dem Schinkelplatze errichtet hat, Hummel als Erbauer der Druckmaschine verewigt ist.

Seine Tätigkeit auf diesem Gebiete entwickelte sich besonders, nachdem die Regierung ihm 1820 geholfen hatte, kostspielige Versuche mit der Fabrikation von Spiralschneidemessern zu machen, sodaß er bis 1830 etwa 100 Tuchscheermaschinen baute, von denen etliche von der Regierung an minder bemittelte Tuchmacher verschenkt, die meisten jedoch von Fabrikanten gekauft wurden. — Gleichzeitig hatte Hummel durch seine vielseitige Tätigkeit auch Gelegenheit gefunden, Papierwalzen abzudrehen, und nachdem es ihm gelungen war, eine solche neu herzustellen, baute er 1828 den ersten Calander für eine schlesische Leinenfabrik. Durch die Reparaturen, welche er für Kattunfabrikanten an englischen und französischen Maschinen ausführte, lernte er deren Bauart und Verwendung kennen und baute 1826 die erste Graviermaschine für Kupferwalzen, auch die erste hydraulische Presse für die Textilindustrie, nachdem er schon 4 Jahre vorher die großen Schwierigkeiten in der Herstellung gußeiserner Preßzylinder bei der Ausführung der Cohäsionspresse für die Artillerie glücklich überwunden hatte.

Den erfolgreichsten Aufschwung nahm seine Tätigkeit auf diesem Gebiete, als er 1830 die erste Einfarben-Walzendruckmaschine und 1837 die erste Perrotine und zwar eine zu drei Farben baute. Diese beiden Arten von Druckmaschinen baut meine Firma noch heut, aber sie haben sich mit der Zeit so vervollkommnet, daß man ihre ausländische Abstammung kaum erkennt. Wie schnell Hummels Leistungen in diesem Fache Bedeutung erlangten, wollen Sie daran erkennen, daß er auf der ersten Gewerbeausstellung 1822 nur mit 1 Scheermaschine und 1 Ölpresse vertreten war, die ihm die silberne Staatsmedaille einbrachten, daß er aber auf der folgenden Gewerbeausstellung 1844 im Zeughause schon 2 Walzendruckmaschinen, zu 1 bezw. 5 Farben, 2 Perrotinen zu 3 bezw. 4 Farben, 1 Graviermaschine, 1 Molettenpresse, 1 Molettendrehbank und 1 Columbiapresse vorführte, welche einen Raum von 28×48 Fuß Bodenfläche einnahmen und mit einem Werte von 12650 Taler verzeichnet waren.

Unsere Beschäftigung mit den Maschinen für Buchdruck und Kupferdruck begann, als Hummel 1836 die ersten Kupferdruckpressen für die Hauptverwaltung der Staatsschulden baute, und bald darauf durch Reparaturen an englischen Buchdruck-Handpressen, den sogenannten Columbia-Pressen, veranlaßt wurde, 1838 solche auch

Digitized by Google

neu zu bauen. Zur Konstruktion von Schnellpressen wurde erst 1847 übergegangen und es stand daher eine in der Gewerbeausstellung, welche die Polytechnische Gesellschaft 1849 im Krollschen Etablissement am Exerzierplatz veranstaltet hatte. Es ist das Ihnen bekannte Neue Königl. Opernhaus am Königsplatz.

Bis zum Jahre 1818 hatte mein Großvater seine Werkzeugmaschinen mit dem Schwungrade von Hand drehen lassen. Um diese Zeit kam bei ihm die erste Dampfmaschine zur Anwendung, ein Geschenk der Regierung. 1841 ließ er sich eine verbesserte von Mechanikus Freund bauen und 1843 kaufte er von Borsig auch einen neuen Dampfkessel, welcher nahezu 34 Jahre im Betrieb blieb.

Am 7. Oktober 1850 starb mein Großvater im Alter von 76 Jahren. Im Jahre 1825 war mein Vater Joseph Constantin Bialon, ein geborener Schlesier, nachdem er das von Beuth begründete Königl. Gewerbeinstitut besucht hatte, als Lehrling bei Hummel eingetreten, arbeitete zunächst als Schlosser und Dreher, dann als Zeichner, machte bald auch Reisen für Hummel, wurde dessen Schwiegersohn und in meinem Geburtsjahre 1838 Teilnehmer der Firma, welche er nach meines Großvaters Tode allein fortführte.

1864 bin ich als Prokurist eingetreten, also jetzt 40 Jahre darin tätig. 1866 wurde ich Mitinhaber und seit meines Vaters Tode 1872 bin ich alleiniger Inhaber der Firma C. Hummel.

Als es in den 60iger Jahren bekannt wurde, daß die Königl. Eisengießerei in der Invalidenstraße, da, wo jetzt die Bergakademie, das Naturhistorische Museum und die Landwirtschaftliche Hochschule stehen, eingehen sollte, erachtete ich als notwendig, eine eigene Gießerei anzulegen, weil die Gußstücke, welche wir gelegentlich von Privatgießereien bezogen hatten, unseren Anforderungen nicht entsprachen. Ich erwarb daher das Grundstück, auf welchem wir uns jetzt befinden, ließ die Spießberge, in denen die Infanterie ihre Felddienstübungen gemacht hatte, abtragen und eröffnete 1868 den Betrieb unserer Eisengießerei. 1873 begann ich, auch die Maschinenfabrik hierher zu verlegen und vollendete 1877 die Vereinigung meiner beiden Betriebe.

Ich habe Ihnen somit gezeigt, daß mein Großvater damit begonnen hatte, Maschinen für Kriegszwecke und zwar im Auftrage des Staates zu bauen. Mehr und mehr aber hat er sich dem Bedarf des Gewerbefleißes zugewendet und wenn seitdem wiederholt und auch jetzt wieder eine Maschine hier gebaut wird, welche mir durch das ehrende Vertrauen des Staates in Auftrag gegeben ist, so dient auch diese Maschine den friedlichen Aufgaben der Neuzeit. — Im Rückblick auf die verheerenden Kriege, welche vor 98 Jahren auch die Tätigkeit meines Großvaters hemmten, sowie unter dem frischen Eindruck der opferreichen Kriege, welche jetzt in Asien und Afrika geführt werden, lassen Sie mich mit dem Wunsche schließen, daß sowohl in unserem Vaterlande als auch in der weiten Ferne, auf welche wir mit unserem Absatz und Handel angewiesen sind, die friedliche Arbeit mehr und mehr die Oberhand gewinnen möge, zum Segen des deutschen Reiches und der gesamten Menschheit.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

II. Abhandlungen.

Untersuchungen am Wellenstrom-Lichtbogen.

Von Dr. C. Heinke, München.

1. Einleitung und allgemeines.

Die stationären elektrischen Ausgleichvorgänge kann man unter Benutzung der symbolischen Gleichung

$$J = \frac{E}{R}$$

in folgender Weise einteilen:

Ohms Gleichstrombeziehung $J = \frac{E}{R}$ umfaßt die Fälle, in denen sowohl die „oberste Tatsache“ E (Ausgangsspannung bezw. Umsetzungsspannung oder EMK) als auch der bedingende Widerstand R sich nicht verändern, also zeitlich konstant sind.

Ist die Ausgangsspannung ($\dot{E}$) periodisch veränderlich mit Symmetrie gegenüber dem Nullniveau, so folgt als Ausgleich ein symmetrischer Wechselstrom $\dot{J}$, der mit $\dot{E}$ konform und bei konstantem Ohmschen Ausgleichwiderstand R auch gleichphasig ist, hingegen bei gemischtem Widerstand $\bar{Z}$ die Phasengleichheit einbüßt.

Die Konformität geht gleichfalls verloren, wenn eine symmetrische Variation des Ausgleichwiderstandes vorliegt, also $\dot{R}$ bezw. $\dot{Z}$, etwa in Gestalt einer magnetischen Sättigungserscheinung oder dergl. Bei Gleichheit der Periodizität von $\dot{E}$, $\dot{J}$ und $\dot{R}$ beziehungsweise $\dot{Z}$ hat man es aber immer noch mit technischem Wechselstrom, d. h. mit Symmetrie gegenüber dem Nullniveau, zu tun.

Neben diesen Ausgleichformen ist bei den neuerdings verfolgten elektrischen Ausgleicherscheinungen mit stationärem Charakter immer mehr ein unsymmetrischer Wechselstrom wichtig geworden, eine Ausgleichform, für welche der Verfasser (1899 Wied. Ann. Bd. 69 Seite 616; E. T. Z. 1899 Seite 511; sowie auch V. d. V. z. B. d. G. 1900 Seite 115—126) die Bezeichnung Wellenstrom in Vorschlag gebracht hat, die sich auch nach und nach einbürgert.

Ein solcher Wellenstromausgleich $\ddot{J}$ kann nun auch auf zwei wesentlich voneinander verschiedene Arten entstehen, die durch die symbolischen Gleichungen

Digitized by Google

$$\breve{J} = \frac{\breve{E}}{Z} \quad \text{und}$$

$$\breve{J} = \frac{E}{\breve{Z}}$$

angedeutet werden können.

Die erste Gleichung besagt, daß der Wellenstromausgleich dadurch entsteht, daß eine Wellenspannung $\breve{E}$ auf einen Kreislauf arbeitet, dessen Ausgleichwiderstand Z im wesentlichen als konstant, d. h. mit der Zeit nicht veränderlich, angesehen werden kann. Man hätte es alsdann mit einem Wellenstromerreger I. Ordnung zu tun, wie er u. a. erhalten wird, wenn man einen Leiterkreis mit seinem einen freien Ende an eine Kollektorbürste, mit seinem andern an eine Schleifringbürste eines laufenden Umformers anschließt, oder auch, indem man in Reihe mit einer Akkumulatorenbatterie (E) die Sekundärwicklung eines Wechselstromtransformators ($\breve{E}$) auf jenen Leiterkreis arbeiten läßt u. s. f.

Die zweite Gleichung drückt aus, daß der Wellenstromausgleich dadurch entsteht, daß eine konstante Ausgangsspannung (E), z. B. eine Akkumulatorenbatterie, auf einen Stromkreis arbeitet, der einen periodisch veränderlichen Widerstand ($\breve{Z}$) enthält. Der Kreislaufteil, welcher dieses periodisch veränderliche Widerstandsglied umfaßt, kann bezeichnet werden als ein Wellenstromerreger II. Ordnung (vgl. hierzu Ann. d. Physik 1900 Bd. 1, Seite 326 und 441, sowie Handbuch der Elektrotechnik Bd. I, 2 in Artikel 152 ff.).

Diese praktisch wichtigeren Wellenstromerreger II. Ordnung kann man weiterhin in Untergruppen einteilen. Die erste Gruppe würde die mechanischen Unterbrecher umfassen, die zweite Gruppe alle selbsttätigen, auf „Sättigungsstrom“ beruhenden periodischen Unterbrecher und zwar einerseits die elektromagnetischen Hammerunterbrecher, anderseits die elektrolytischen Unterbrecher. Der dritten Gruppe endlich würde nach meiner Auffassung der Lichtbogen in dem Stadium der Wellenstromerregung angehören, und ihre Wirkung würde auf einer besonders leichten Rhythmisierung des elektrischen Ausgleiches beruhen.

Wie ich an anderer Stelle (Handbuch d. Elektrotechnik Bd. I, 2 in Art. 266) auseinander gesetzt habe, wäre gegenüber der zusammenhängenden elektrischen Strömung in metallischen Leitern der Ausgleich im Lichtbogen in Tropfenform, gleichsam als elektrischer Regen, vorzustellen. Ferner wäre in der Grenzschicht, in welcher die Auflösung in elektrische Tropfen (Elektronen) mit dielektrischem Zwischenmittel vor sich ginge, eine Rhythmisierung des Auslösungsvorganges besonders leicht, etwa wie bei der Ausströmung von Flüssigkeit bezw. Gas. Durch einen verhältnismäßig geringen äußeren Einfluß mit periodischem Charakter wird auch der Auslösungswiderstand und weiterhin der Ausgleichvorgang zu einer Schwankung von gleicher Periode angeregt werden. Eine weitere Herausarbeitung dieser Schwankung durch eine Art Selbsterregung ist außerdem denkbar.

Diese schon früher (siehe E. T. Z. und Ann. d. Physik, a. a. O.) geäußerte Vermutung, daß der Lichtbogen einen Widerstand von großer Variabilität darstelle und dadurch leicht zu Wellenstromerscheinungen Veranlassung geben könne, ist durch die Erfahrungen und Untersuchungen der folgenden Jahre bestätigt worden. Zunächst war es die von Simon bereits 1898 beobachtete, aber erst später weiter verfolgte Erscheinung des singenden oder sprechenden bezw. lauschenden Lichtbogens, welche bewies, daß von außen aufgelagerte Schwingungen entsprechende Widerstandsschwankungen des Lichtbogens zur Folge hatten und damit eine Wellenstromerregung, die man unter Benutzung der Bezeichnungen bei der Dynamoerregung als gesonderte oder Fremderregung des Lichtbogen-Wellenstroms bezeichnen könnte. Auch hier steht dieser Fremderregung eine Eigenerregung gegenüber in Gestalt der zuerst von Duddell (1900 Elektrician, 46, 269) beobachteten Erscheinungen am Gleichstromlichtbogen mit Homogenkohlen und parallel geschaltetem Schwingungskreis.

Diese für die Starkstromtechnik bedeutungsvolleren Erscheinungen der Wellenstromerregung mit Hilfe des leicht variablen Lichtbogenwiderstandes sollen im folgenden etwas näher betrachtet werden.

Die von Duddell beobachteten interessanten Grunderscheinungen wurden von verschiedenen anderen Forschern unter Variation der Versuchsbedingungen wiederholt und zugleich der Versuch gemacht, die elektrisch etwas verwickelten Verhältnisse nach verschiedenen Richtungen hin weiter zu klären, was aber bisher noch nicht als ausreichend erfolgt gelten kann. In systematischer Weise wurde dies namentlich von Banti (L'Ellettricista 1903 No. 1) versucht. Nachdem er die bereits vom Verfasser angegebenen allgemeinen Wellenstromerscheinungen (E. T. Z. 1899 a. a. O.) in ihren Hauptbeziehungen nochmals aufgefunden, sowie die infolge elektrischer Stoßheberwirkung im Schwingungskreis auftretenden Spannungsresonanzen gleichfalls wiederum beobachtet hatte, erstreckte sich seine Untersuchung, unter Variation der Kapazitäts- und Selbstinduktions-Werte im Schwingungskreis, namentlich darauf, ob die Schwingungsformel $\omega = (L \cdot C)^{-\frac{1}{2}}$ für die vorliegenden Erscheinungen gültig sei oder nicht. Aus seinen Versuchen würden sehr erhebliche Abweichungen von dieser Schwingungsformel folgen, insofern in einigen Fällen die beobachtete Periodenzahl u die nach der Formel zu erwartende um das Mehrfache übersteigt, so z. B. in dem ersten Versuch der Tabelle XV auf Seite 14 (a. a. O.) $u = 13\,000$, anstatt $u = \frac{1}{2\pi} \cdot (L \cdot C)^{-\frac{1}{2}} = 720$, d. h. um das 18fache.

Die von Banti hierfür etwas dunkel angedeutete Erklärung erschien mir unwahrscheinlich und unbefriedigend, weshalb ich zunächst die Versuche zur Klarstellung dieses Punktes nochmals aufnahm.

Die von mir verwendete Versuchsanordnung ist in Fig. 1 skizziert. Hierin bedeutet E_0 die benutzte Akkumulatorenbatterie von 64—80, bezw. 110, bezw. 220 Volt Spannung, D die Drosselspule, welche unter Erhöhung der Stabilität und des Auftrittsbereichs der Erscheinung zur Überführung der Batteriegleichspannung in die Wellenspannung an den Enden des Lichtbogens eingeschaltet wird. Sie spielt hier eine ähnliche Rolle als elektrisches Gelenk, wie bei dem Anschluß rotierender Umwandler

an einen Wechselstromgenerator mittels Fernleitung von unzureichender Selbstinduktion. Parallel zu dem Lichtbogen liegt der Duddellsche Schwingungskreis, dessen Koeffizienten, d. i. Kapazität C und Selbstinduktion L, in weiten Grenzen variiert werden konnten. Den für die vorliegenden Untersuchungen wichtigsten Teil bilden die Meßinstrumente. Die angedeutete vollständige Wellenstromschaltung mit doppelter Besiebung aller Meßgrößen, nämlich einerseits mit Drehspuleninstrumenten zur Herausziehung der Gleichstromkomponente ($\bar{J}$ bezw. $\bar{E}$), anderseits mit Hitzdraht- bezw.

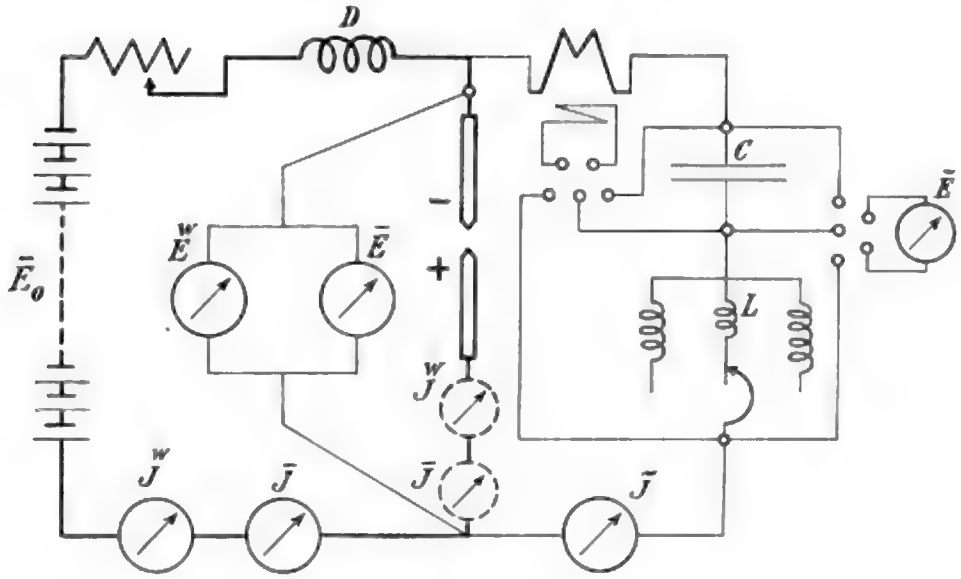


Fig. 1.

dynamometrischen Instrumenten zur Ermittelung der wirksamen Wellenstromgrößen ($\overset{w}{J}$ bezw. $\overset{w}{E}$) und hieraus der wirksamen Wechselkomponenten $\dot{J} = \sqrt{\overset{s}{J}^2 - J^2}$ bezw. $\dot{E} = \sqrt{\overset{w}{E}^2 - \bar{E}^2}$ neben dem Wattmeter zur Ermittelung der wahren Leistungsverhältnisse bezw. der Leistungsfaktoren (äquivalenten Phasenverschiebungen), erwies sich nur bei den ersten Vorversuchen als nötig. Dieselben ergaben nämlich, wie bei Vorhandensein des Kondensators C nicht anders zu erwarten, in dem Parallelkreis zum Lichtbogen reinen, d. h. symmetrischen Wechselstrom $\dot{J}$, so daß wegen des Nullwertes von $\bar{J}$ hier das Drehspulenamperemeter entfallen konnte; weiterhin zeigte der Wellenstrom in der Lichtbogenbrücke eine so genaue Befolgung der Beziehung $\overset{w}{J}^2 = J^2 + \dot{J}^2$, wenn $\bar{J}$ die zugeführte Gleichstromstärke bedeutet, daß auch hier eine gesonderte Messung von $\overset{w}{J}$ bezw. $\bar{J}$ in der Lichtbogenbrücke unnötig wurde. Nicht so bei der Spannung, da reine Wechselspannung $\dot{E}$ nur an den Enden von L vorliegt, während an C bezw. an der Lichtbogenbrücke Wellenspannung $\overset{w}{E}$ vorhanden ist. Auch wurden die sehr zahlreichen

Digitized by

Untersuchungen, welche 600 Versuchsnummern übersteigen*), anfangs meist ohne Wattmeterablesungen durchgeführt und die Klärung der Leistungs- bezw. Phasenverschiebungsverhältnisse erst später angeschlossen. Die im Schwingungskreis benutzten Kapazitäten C wurden aus Kondensatoren gebildet, deren Dielektrikum einmal aus Glimmer, ein zweites Mal aus paraffiniertem Papier, ein drittes Mal aus Pergamentpapier in Öl bestand, während die Selbstinduktionskoeffizienten L entweder aus eisenfreien Kupferdrahtspulen mit Draht zwischen 1 und 3 mm Durchmesser, oder der Hauptstromspule eines Ganzschen Wattmeters, oder nur aus der einfachen Schleife der Verbindungsdrähte bestand, in einigen Fällen auch aus Versuchsspulen mit Eisenkernen.

Was mir bei den Werten, welche Banti seinen Versuchen und Berechnungen zu Grunde gelegt hat, sogleich als verdächtig auffiel, war der Mangel einer Angabe über die Konstruktion der grundlegenden Elemente, d. i. Kapazität C und Selbstinduktion L. Schon der Mangel einer Unterscheidung in nominelle und wirksame Werte von C mußte auf Grund meiner früheren Untersuchungen (vgl. Studien über Kondensatoren Wied. Ann. 1895 Bd. 54 Seite 577) beträchtliche Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung verursachen. Die Verkleinerung der wirksamen Kapazitätswerte (C_w) gegenüber den nominellen (C_n) fanden sich bei den folgenden Untersuchungen auch im Betrage von 20—50 % der nominellen Werte vor.

Immerhin war aber diese Fehlerquelle bei den Versuchen von Banti noch unerheblich gegenüber den beiden anderen. Die nach der Formel $u = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\dot{J}}{\dot{E} \cdot C}$ berechneten Periodenzahlen u (pro Sekunde) ergaben sich bei Banti deshalb bedeutend, meist um das 3- bis 4fache zu hoch, weil aus Versuchen für $\dot{E}$ nicht die Ladespannung $\dot{E}_C$ an den Klemmen der Kapazität, sondern die Wechselspannungskomponente $\dot{E}$ an den Enden des Lichtbogens eingesetzt wurde. Da nun $\dot{E}_C$ infolge Spannungsresonanz den Wert von $\dot{E}$ meist um das Mehrfache übertrifft, so ergibt sich das berechnete u zu hoch.

Als Beispiel sei die zweite Beobachtungsreihe von Tabelle II (a. a. O. Seite 5), sowie die zugehörige Berechnung in Tabelle XIV (Seite 12) angeführt: Hier ist u zu 160 000 berechnet, weil $\dot{E} = 23$ Volt eingesetzt wurde, während die Ladespannung $\dot{E}_C = \sqrt{(\ddot{E})^2 - (\dot{E})^2} = \sqrt{94^2 - 29^2} = 89{,}5$ Volt beträgt, so daß u sich richtig zu 37 400 berechnet.

Am schwerwiegendsten ist aber die Fehlerquelle, welche Banti bei Einsetzung der Werte für die Selbstinduktionskoeffizienten L bei Berechnung des theoretischen Wertes $2\pi u = \omega = (L \cdot C)^{-\frac{1}{2}}$ unterlaufen ist. Eine Nachprüfung an der Hand der Beobachtungswerte zeigt nämlich Abweichungen des wirksamen Wertes L_w gegenüber dem nominellen um das Vielfache, bis zum 50fachen und darüber. Daß diese

*) Für die Durchführung in den ersten Monaten des Jahres 1904 habe ich meinen Assistenten, den Herren Denzler, Hommel, Roebel, welche unter Beihilfe des Werkmeisters und des Dieners des Laboratoriums die gleichzeitigen Ablesungen ermöglichten, noch an dieser Stelle zu danken.

Digitized by Google

außerordentlichen Abweichungen zwischen den angegebenen Werten L, die offenbar durch eisenhaltige Windungen gebildet und vielleicht mit Hilfe von Gleichstromkommutierung oder mit technischem Wechselstrom gewonnen waren, und den wirksamen Werten L_w bei Bantis Versuchen bestehen, möge auch wieder an der obenbezeichneten Versuchsreihe gezeigt sein: Berechnet man nämlich aus der beobachteten Stromstärke $\dot{J} = 5{,}25$ Amp., dem nominellen Wert $L_n = 0{,}008$ Henry und dem zu $2\pi u = 235\,000$ berechneten ω die Spannung $\dot{E}_L = \dot{J} \cdot \omega \cdot L$, so findet sich der Wert von 3700 Volt, der nötig wäre, um $\dot{J}$ durch die Selbstinduktion hindurchzupressen, nach Bantis Wert $u = 160\,000$ wären es sogar 15 800 Volt. Aus dem wirklich beobachteten Wert $\dot{E}_L = 83$ Volt berechnet sich $L_w = 0{,}037$ Millihenry $= 0{,}000037$ Henry.

Diese Verminderung ist bei einer eisenhaltigen Spule nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, daß die Wirbelströme bei dem hohen ω und der üblichen Eisenunterteilung eine so hohe entmagnetisierende Wirkung ausüben, daß die Eisenpermeabilität und damit auch der wirksame Selbstinduktionskoeffizient auf einen kleinen Bruchteil seines Gleichstromwertes herabgesetzt wird. Eine weitere Verkleinerung des wirksamen Wertes L_w erfolgt durch die Wechselinduktionswirkung der Wirbelströme, entsprechend der Sekundärbelastung eines Transformators.

Daß der errechnete Wert von ω bezw. u bei Einsetzung des nominellen Wertes von C übrigens noch zu klein ausfällt, wurde schon oben erwähnt; der Unterschied zwischen L_n und L_w wird sonach noch etwas größer als die Spannungswerte oben angeben. Da der Wert von C_w, wie unten weiter gezeigt, aber unsicher ist und außerdem nach allen bisherigen Erfahrungen die Spannungskurve des Wechselstromes bei Homogenkohlen weit stärkere Abweichungen von der Sinuswelle aufweist als die Stromkurve, so ist die Berechnung von u bezw. ω aus dem Kapazitätswert und der Kapazitätsspannung, wenn auch bisher fast durchgehends benutzt, überhaupt weit weniger empfehlenswert, als die Ermittelung von ω_i bezw. $u = \frac{\omega_i}{2\pi}$ aus der Selbstinduktionsspannung $\dot{E}_L$ und dem Selbstinduktionskoeffizienten L.

Verwendet man eisenfreie Kupferdrahtwicklungen bei Metallfreiheit der nächsten Umgebung, so ändert sich zwar ihr wirksamer Ohmscher Widerstand durch Oberflächenwirkung erheblich und kann leicht den mehrfachen Wert gegenüber dem bei Gleichstrommessungen erreichen, ihr Selbstinduktionskoeffizient erleidet aber nur eine kleine Verringerung und die Ermittelung von ω_i zu $\frac{\dot{E}_L}{\dot{J} \cdot L}$ ist doch nahe der Wahrheit entsprechend, auch wenn der Wert von L bei niederen Wechselzahlen, etwa mit dem Secohmmeter ermittelt wurde, wie bei den folgenden Versuchen geschehen. Weniger zuverlässig ist die Berechnung von u aus $\omega_i = \frac{\dot{J}}{\dot{E}_C \cdot C_w}$.

Um es sogleich hier, in Richtigstellung der Schlußfolgerungen von Banti, zu erwähnen, so folgt aus meinen Beobachtungen, daß bei Einführung der wirksamen Werte C_w und L_w die Schwingungsformel tatsächlich im wesentlichen zutrifft. Die verhältnismäßig kleinen Abweichungen haben ihren Grund in folgenden Umständen: der von Banti angeführte Einfluß des Lichtbogenwiderstandes ist jedenfalls nur unter-

geordnet, denn obwohl ja streng genommen nicht die Formel $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$ für die ungedämpften Schwingungen gilt, sondern die Formel $\omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{R^2}{4\,L^2}}$ für die gedämpften Schwingungen, so ist doch praktisch der Einfluß des Dämpfungsgliedes gegenüber dem Schwingungsglied nur klein, weil andernfalls die Erscheinung des Anblasens der Schwingungen von seiten des Lichtbogens gar nicht eintritt oder, falls vorher vorhanden, bei zu starker Änderung zu gunsten des Dämpfungsgliedes außer Tritt fällt. Auch scheint bei höheren Werten von $\dot{J}$ bezw. beim Anwachsen des abzüglichen Gliedes $\frac{R^2}{4\,L^2}$ durch Verkleinerung von L eine gewisse Kompensation durch rascheres Anwachsen des Schwingungsgliedes $\frac{1}{L \cdot C}$ vorzuliegen, insofern der Wert von C eine Verkleinerung erfährt, die aus der Reihenschaltung des wirksamen Wertes C_w der Schwingungskreiskapazität mit der Polarisationskapazität des Lichtbogens (siehe am Schluß des Aufsatzes) folgt.

. Viel wesentlicher ist der Umstand, daß die schwingende Ladestromstärke $\dot{J}$ im parallel geschalteten Kondensatorkreis keine reine Sinusschwingung ist und vor allem, daß sie nicht mit der Wechselspannungskurve $\dot{E}$ in der Form übereinstimmen wird. Wenigstens wird dies nicht in allen Teilen des Schwingungskreises der Fall sein, am ehesten noch für den Teil mit L, wenn letzteres eine eisen- und wirbelstromfreie Spule ist; nicht so im kapazitätshaltigen Teil, sowie bei den resultierenden Werten am Lichtbogen. Vielmehr wird je nach dem verhältnismäßigen Überwiegen von C über L im Schwingungskreis die Ladestromkurve gegenüber der Spannungswelle im Sinne der Voreilung (bezw. Nacheilung) verdrückt erscheinen, wie die Fig. 2 andeutet, falls die Spannungskurve durch die Homogenkohlen nicht noch weit stärkere Verzerrungen erfährt, wie bei technischen Wechselzahlen am reinen Wechselstrombogen mit Blondels Oszillograph beobachtet (vgl. Monasch, Der elektrische Lichtbogen, Berlin 1904, § 26 und 27) wurde.

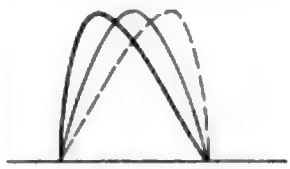


Fig. 2.

Die Ergebnisse meiner Leistungsmessungen scheinen für solche mitunter erhebliche Verschiedenheit der Kurvenform von $\dot{E}$ gegenüber $\dot{J}$ zu sprechen. Dies muß aber unter anderem die Folge haben, daß die für Sinuswellen abgeleitete Schwingungsformel eine Differentiierung erfährt, insofern das auf die Stromstärke bezügliche $\omega = \frac{\dot{E}_L}{\dot{J} \cdot L_w}$ von dem auf die Spannung bezüglichen $\omega_e = \frac{\dot{J}}{\dot{E}_C \cdot C_w}$ abweicht und die aus beiden aufgebaute Schwingungsformel $\omega_i \cdot \omega_e = \frac{1}{L_w \cdot C_w}$ für das einheitliche $\omega = \sqrt{\frac{1}{L_w \cdot C_w}}$ einen mittleren Wert zwischen ω_i und ω_e liefern wird. Eine weitere Folge der Verdrückung der Kurven gegenüber der Sinuswelle ist, daß die Konstruktion des Polardiagramms nicht mehr eindeutig bleibt. Bildet man nämlich einerseits aus den beiden Teilspannungen $\dot{E}_L$ und $\dot{E}_C$ und der Summenspannung $\dot{E}$ am Lichtbogen — über die

Gewinnung dieser Werte siehe weiter unten — das Spannungsdreieck, anderseits aus den mittels Wattmeter gewonnenen Leistungswerten, sowie aus $\dot{E}$ und $\dot{J}$ die äquivalenten Phasenverschiebungen, so treten merkliche Abweichungen zwischen beiden auf. Anders ausgedrückt: die gemessenen Spannungswerte liefern bei Benutzung der äquivalenten Wattmeterphasenverschiebung keinen Schnittpunkt, sondern ein sogenanntes Fehldreieck von merklicher Größe. Letzteres rührt vermutlich davon her, daß die Phasenverschiebung im konstruierten Kreisdiagramm zum (kleineren) Teil uneigentlich ist, d. h. Leistungsfaktor (cos φ), der durch Spannungsbuckel entsteht. Diese letzteren erhöhen die Ablesungen am Voltmeter, nicht aber am Wattmeter, ein Umstand, der besonders die Lichtbogenspannung $\dot{E}$ (vgl. hierzu Fig. 8) und dadurch das Fehldreieck vergrößern dürfte.

Beachtet man das Vorzeichen des Wattmeterausschlages, so findet man weiterhin, daß bei schrittweiser Veränderung des Verhältnisses von C zu L, d. h. bei schrittweiser Verdrückung der Kurvenform von $\dot{J}$ von einer Stelle an ein Umschlagen des Vorzeichens bei den für sich gemessenen Leistungen in L bezw. C eintritt, was erkennen läßt, daß die Einführung äquivalenter Sinuswellen für $\dot{E}$ bezw. $\dot{J}$ unter Umständen eine äquivalente Phasenverschiebung liefert, die etwas größer als 90° ist. Weiteres über diese komplizierten Verhältnisse möge unten folgen.

Hier sei nur noch darauf hingewiesen, daß es sich tatsächlich um eine Eigenerregung der periodischen Ausgleichschwankungen im Lichtbogen durch die stets erneuerten Entladeschwingungen des Parallelkreises handelt, deren Periode durch die natürliche Schwingungsdauer des Systems aus C_w und L_w nach der Schwingungsformel ohne erhebliche Abweichung bedingt wird. Die große Anpassungsfähigkeit des Lichtbogens bei Anwendung möglichst harter Homogenkohlen und genügend kleiner Lichtbogenlängen geht daraus hervor, daß das Eintreten des Wellenstromausgleichs im Lichtbogen bezw. der Schwingungen im Parallelkreise bei Vorhandensein der energetischen Vorbedingungen innerhalb sehr weiter Grenzen der Periodenzahl u erfolgte, nämlich sich von etwa $u = 1000$ aufwärts bis zu einigen 100 000 Perioden in der Sekunde durch Messung verfolgen ließ.*) Innerhalb der Gehörgrenze, welche bei allen Beobachtern etwa in der Gegend von $\omega_i = 110\,000$, also u angenähert 17 500 lag konnte das Eintreten des Wellenstromausgleichs im Lichtbogen bezw. des Wechselstromes im Parallelkreis bereits an dem meist ziemlich kräftigen Pfeifton des Bogens erkannt werden, der dem jeweiligen Wert von $(C \cdot L)^{-\frac{1}{2}}$ so rasch folgte, daß durch raschen Wechsel im Werte von C oder L ein scharf ausgesprochenes Trillern, durch kontinuierliches Ändern von L mit Hilfe der Bewegung eines gut unterteilten Eisenkernes eine Art Streichinstrument (Selbstinduktionsgeige) und durch sprungweises Ändern der Werte von C oder, wie Fig. 1 andeutet, der Werte von L eine Art Selbstinduktionsflöte geschaffen werden konnte, die bei vorheriger Abstimmung eine einfache

*) Neuere Untersuchungen, welche Herr Praktikant H. Fischer auf Anregung des Verfassers mit dem Wellenstromlichtbogen als Wechselstromquelle von leicht veränderbarer Periodenzahl ausführt, haben eine beträchtliche Erweiterung der unteren Grenze ergeben. Durch Einschließen des Lichtbogens in einen Kanal aus Chamotte und Anwendung der Spannung von 220 Volt ließ sich die Periodenzahl u bis auf 100 herunter bringen und mit bemerkenswerter Konstanz halten.

Digitized by Google

Melodie zu spielen gestattete, bei der die einzelnen Töne sich selbsttätig im Lichtbogen nach der Schwingungsformel bildeten.

Zunächst weit wichtiger als diese neuzeitliche elektrisch-akustische Spielerei war für mich die leichte Beschaffbarkeit so hoher stationärer Wechselschwingungen im Parallelkreise zum Gleichstromlichtbogen, um das Verhalten der verschiedensten Meßinstrumente, namentlich der Wechselstrommeßinstrumente, untersuchen zu können, da die Kritik der Instrumentenablesung für eine richtige Auslegung der beobachteten Werte die Grundlage bildet. Nur hierdurch kann eine weitere Klärung der elektrisch sehr komplizierten Verhältnisse angebahnt werden, ebenso wie nur durch Anwendung der Wellenstromschaltung einschließlich des Wattmeters eine richtige Auslegung aller elektrischen Ausgleichverhältnisse mit stärkerem Wellenstromcharakter möglich ist. Dieses ist vielfach, auch noch nach Klarstellung der meßtechnischen Seite*), von seiten der Elektrophysiker übersehen worden, wodurch zahlreiche Beobachtungen nebst den daraus gezogenen Schlüssen wertlos, ja zum Teil sogar irreleitend sind, wie z. B. verschiedene Arbeiten über Wechselstromumformung durch Aluminiumzellen, namentlich bei Behandlung der Wirkungsgradfrage, erkennen lassen.

2. Verhalten der Meßinstrumente bei hohen Wechselzahlen.

Ehe über das Verhalten und die Verwendbarkeit eines Instrumentes als Wellenstromzeiger etwas ausgesagt werden kann, muß sein Verhalten gegenüber den Einzelkomponenten geklärt sein. Von der Gleichstromkomponente kann dies als ausreichend geschehen angesehen werden, so daß hier im wesentlichen noch das Verhalten gegenüber symmetrischem Wechselstrom von hoher Periodenzahl bis hinauf zu mehr als 100 000 Perioden in der Sekunde klarzustellen bleibt.

Die Betriebsverhältnisse des mit Hilfe eines Handregulators eingestellten Lichtbogens lagen gewöhnlich zwischen den Grenzen 30 und 50 Volt Gleichspannung (E), zwischen 2 und 5 Amp. von außen zugeführter Stromstärke, welche praktisch als Gleichstrom ($\bar{J}$) angesehen werden kann, da die in die Zuleitung (vgl. Fig. 1 und 6) eingeschaltete Selbstinduktion D so hoch war (zwischen 0,1 und 1 Henry), daß ein Unterschied zwischen J und $\bar{J}$ bei Benutzung von Drehspulen- und Hitzdraht-Instrument nicht sicher nachzuweisen war. Die Wechselspannung ($\dot{E}$) am Lichtbogen wurde entweder mittelbar aus der zunächst gemessenen Wellenspannung $\ddot{E}$ und der Gleichspannungskomponente E nach der Gleichung $\dot{E} = \sqrt{\ddot{E}^2 - E^2}$ berechnet oder in ausreichender Übereinstimmung hiermit durch Heraussiebung von E mit Hilfe eines Kondensators von hinreichendem Kapazitätswert, der dem Hitzdrahtinstrument vorgeschaltet wurde (vgl. bei Fig. 6), unmittelbar von dem Hitzdrahtinstrument angezeigt; sie lag auch meist zwischen 20 und 50 Volt, die Wellenspannung $\ddot{E}$ also meist zwischen 35 und 60 Volt. Die Wechselspannungen $\dot{E}_L$ und $\dot{E}_C$ an den Enden der Selbstinduktion

*) Siehe Heinke, Über Wellenströme E. T. Z. 1899 Seite 511, sowie Wied. Ann. 1899 Bd. 69 Seite 612 Zur Messung elektrischer Größen bei periodisch veränderlichen Strömen.

Digitized by Google

und des Kondensators lagen infolge der auftretenden Spannungsresonanz im Schwingungskreise in den meisten Fällen erheblich höher als die Summenspannung $\dot{E}$ am Lichtbogen und erreichten häufig Werte über 100 Volt, in einigen Fällen sogar über 150 Volt. Zu beachten bleibt hierbei, daß am Kondensator zunächst stets die Wellenspannung $\dot{E}_C = \sqrt{\dot{E}_C^2 + E^2}$ auftreten muß und zur Messung gelangt, falls man nicht auch hier, wie dies bei meinen Beobachtungen späterhin (Fig. 6) meist geschah, die Gleichspannungskomponente durch ein vor das zur Messung benutzte Hitzdrahtvoltmeter geschalteten Kondensator von wenigstens 1 Mf. Kapazität heraussiebt und so $\dot{E}_C$ direkt zur Messung bringt. Die Wechselstromstärke $\dot{J} = \dot{E}_C \cdot \omega \cdot C_w = \dot{E}_C \cdot C_w^{\frac{1}{2}} \cdot L_w^{-\frac{1}{2}}$ steigt bei kleinen Werten von L_w und größeren Werten von C_w, wie die Formel ohne weiteres erkennen läßt, immer mehr an und erreichte z. B. bei dem nur durch die Verbindungsdrähte von etwa 2 Meter Länge gebildeten L_w in der Größenordnung von 10^{-5} bis 10^{-6} Henry Beträge von mehr als 15 Amp. (NB. bei Zuführung von nur etwa 5 Amp. Gleichstrom), wenn C_w durch mehrere Mikroforad gebildet wurde. Auch bei höheren Werten von L_w blieb sie in der Größenordnung der Ampere, so daß die gebräuchlichen technischen Meßinstrumente in erster Linie für die Untersuchung in Frage kamen.

Von Amperemetern, d. h. Instrumenten mit Einschaltung in den Hauptstromkreis, wurden alle 4 Haupttypen von Wechselstromzeigern untersucht, nämlich Hitzdrahtinstrumente, Weicheiseninstrumente, Dynamometer und Drehfeldzeiger (Ferrarisinstrumente). Besonderes Interesse beanspruchen die Hitzdrahtinstrumente und die Dynamometer, da man gewohnt ist, beide Typen nach erfolgter Aichung mit Gleichstrom als Normalzeiger für Wechselstrom zu verwenden. Wurden Hitzdrahtamperemeter, direktzeigende Dynamometer nach Art des A. E. G.-Instrumentes mit veränderlicher Neigung der Spulenachsen und Torsionsdynamometer nach S. & H. mit dauernd senkrechter Stellung der Spulenachsen in Reihe geschaltet, mit kommutiertem Gleichstrom zusammen geaicht und dann in den Parallelkreis zum Lichtbogen eingeschaltet, so machten alle 3 Instrumente Angaben. Während aber bei Periodenzahlen unter 100 000 auf die Sekunde die Hitzdrahtinstrumente und ein Dynamometer von S. & H. mit nur einer beweglichen Windung im wesentlichen übereinstimmten, zeigte das A. E. G.-Instrument völlig andere und viel zu hohe Werte an. Es sei sogleich dieser Stelle hinzugefügt, daß auch alle anderen direktzeigenden Meßinstrumente nach Dynamometerprinzip, wie Voltmeter von Weston oder S. & H., ferner Wattmeter von Weston oder S. & H. ähnlich große Abweichungen, d. h. völlig unbrauchbare Angaben liefern. Die Erklärung ist unschwer gefunden in dem großen Einfluß der Wechselinduktion der Hauptstrom- bezw. feststehenden Spule auf die bewegliche Spule mit geneigter Achse.

Ein direkter Nachweis dieser rechnerisch in ihrer Größe angenähert zu überschlagenden Transformatorwirkung ließ sich am direktzeigenden Wattmeter leicht erbringen, wenn man nur die Hauptstromspule in den Schwingungskreis einschaltete und die offene Spannungsspule mit einem elektrostatischen Voltmeter in Verbindung brachte. Dieses zeigte Beträge der durch Wechselinduktion hervorgerufenen Spannungen bis 100 Volt, d. h. weit höhere Werte als die, welche von der Spannungsspule bei normaler Schaltung für gewöhnlich zu messen waren. Alle Wattmeter mit gekreuzten Achsen

Digitized by Google

sind also für Wechselströme mit hoher Periodenzahl unbrauchbar, d. h. geben mit der Periodenzahl wachsende Fehler gegenüber der Gleichstromaichung, welche den Betrag der Meßgröße übersteigen können und auch durch Korrektion nicht zu berücksichtigen sind. Daß das Wattmeter von S. & H. ebenso wie einige andere Dynamometer auch bei geöffneter beweglicher Spule einen beträchtlichen Ausschlag, und zwar in verkehrter Richtung, zeigen, hat seinen Grund in dem Nebenschluß, der im Innern des Instrumentes zur Abgleichung der Spannungsspule auf einen bestimmten Widerstandswert Verwendung findet. Er liefert der durch Wechselinduktion erzeugten Spannung die Möglichkeit der Strombildung in der beweglichen Spule und damit auch der Bildung eines kontrastierenden, d. h. Drehung oder Ausschlag verursachenden Feldes.

Ein älteres Torsions-Dynamometer von S. & H. für schwächere Ströme (bis 2 Amp.) und vielen beweglichen Windungen zeigte trotz senkrechter Richtung der Spulenachsen auffallender Weise viel zu kleine Werte. Eine verdächtig starke Erwärmung der beweglichen Spule zeigte die Lösung: die Windungen waren nämlich auf einen gleichfarbigen, auf der Innenseite zusammenhängenden Messingrahmen aufgewunden, der als ungewollte Kurzschlußwicklung eine stark entmagnetisierende Wirkung ausübte. Ein Aufschneiden des Rahmens an einer Stelle mit Einfügung eines Preßspahnstreifens in die Lücke beseitigte die Erwärmung und die abweichenden Angaben, so daß es weiterhin als Normalzeiger dienen konnte.

Bei Verwendung von Hitzdrahtinstrumenten ist streng zu unterscheiden zwischen solchen ohne Nebenschluß, wie den Voltmetern und Schwachstromamperemetern und solchen mit Nebenschluß zum Hitzdraht, wie den weitaus meisten Amperemetern. Während bei den ersteren beim Vergleich mit Normalinstrumenten, als welche teils elektrostatische Voltmeter, teils Torsionsdynamometer benutzt werden, keine erhebliche Abweichung bis zu sehr hohen Periodenzahlen nachgewiesen werden konnte, sind die Angaben der Instrumente mit Nebenschluß zum Hitzdraht bei den hohen Periodenzahlen nur mit großer Vorsicht aufzunehmen.

Hierbei ist praktisch wieder zwischen Instrumenten mit Nebenschlüssen aus gewelltem Blech und solchen aus stärkerem Widerstandsdraht zu unterscheiden, wie er bei den neueren Instrumenten von H. & Br. mit Spiegelablesung zur Anwendung gelangt. Die ersteren waren meist für höhere Stromstärken (von 3 oder 4 Amp. aufwärts) in Verwendung, d. h. bei mäßig hohen Periodenzahlen, die die Zahl 20 000 bis 30 000 kaum übersteigen. Eine erhebliche Abweichung der Angaben von den wahren Werten infolge von Oberflächenwirkung konnte auch hier nicht nachgewiesen werden. Ganz anders bei den Schwachstromamperemetern mit Drahtnebenschlüssen, welche entsprechend der obigen Formel grade für kleine Werte von C_w, also für höhere ω in Frage kommen. Durch Vergleich mit einem nebenschlußfreien Instrument zeigte sich hier schon von etwa 20 000 Perioden an eine kleine Zunahme der Angaben gegenüber den wahren Werten. Mit zunehmender Periodenzahl wuchsen die Angaben des Nebenschlußinstrumentes gegenüber den Angaben des nebenschlußfreien Instrumentes und des Instrumentes mit dünnem gewelltem Blechnebenschluß rasch an und erreichten bei einigen 100 000 Perioden in der Sekunde den 3- und 4fachen Wert der wahren Stromstärke. Die Oberflächen- oder Hautwirkung vergrößert also bei dem stärkeren

Nebenschlußdraht den wirksamen Ausgleichwiderstand auf den mehrfachen Wert gegenüber dem dünnen Hitzdraht und verursacht dadurch viel zu hohe Stromstärkeangaben.

Zur weiteren experimentellen Untersuchung der Oberflächenwirkung, für deren Berechnung bei so hohen Wechselzahlen die bisherigen Formeln nicht mehr ausreichen, dürfte die in Fig. 1 oder 6 angegebene Schaltung übrigens ein wertvolles Hilfsmittel an die Hand geben.

Die Weicheiseninstrumente wiesen insofern ein merkwürdiges Verhalten auf, als nicht alle Typen, wie man eigentlich vermuten sollte, zu wenig anzeigten. Untersucht wurden ein älteres ungedämpftes Instrument von Schuckert nach der Hummel-Type, ein neueres gedämpftes Schuckert-Instrument mit sektorförmigem Luftdämpfer unterhalb, Skala oberhalb der Drehachse des Zeigers, endlich ein neueres gedämpftes S. & H.-Instrument. Hiervon zeigte das letztgenannte viel zu wenig, nämlich nur $^1/_3$ bis $^1/_4$ der wahren Stromstärke, das zweitgenannte zeigte an seiner Wechselstromskala völlig übereinstimmend mit dem Normalinstrument, während das erstgenannte sogar merklich, d. h. etwa 10 %, mehr zeigte.

Soweit erkennbar besitzt das S. & H.-Instrument einen ungeschlitzten Metallrahmen für seine Wicklung, was seine zu kleinen Angaben, in Übereinstimmung mit derselben Erscheinung am obenerwähnten Dynamometer, erklären würde. Was das Verhalten der beiden anderen Weicheisentypen anlangt, so bleibt mir zunächst nur die Annahme einer Zunahme der Permeabilität ihrer dünnen Eisenfahnen bei der höheren Wechselzahl als Erklärung übrig.

Daß die Voltmeter mit Spulenwicklung, also dynamometrische und Weicheisen-Instrumente, überhaupt nicht oder doch nur Bruchteile der wahren Spannung anzeigen, erklärt sich ohne weiteres aus ihrer merklichen Selbstinduktion in Verbindung mit dem hohen ω. Der Ausgleichwiderstand $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ zwischen ihren Klemmen wird durch das zweite Glied bei den vorliegenden Verhältnissen derart erhöht, daß nur ein Bruchteil der Stromstärke sie durchfließt, welche die gleiche effektive Spannung bei Gleichstrom oder technischem Wechselstrom durch sie hindurchtreiben würde. Auch die Ferrariszeiger machen, wie leicht erklärlich, keine Angaben, weil die Verschiedenheit der Selbstinduktionskoeffizienten ihrer beiden Parallelzweige im Inneren des Instrumentes praktisch fast den ganzen Strom durch die Wicklung mit geringerer Selbstinduktion preßt, so daß keine ausreichende Drehfeldwirkung entsteht.

Das namhafteste Interesse unter den Meßinstrumenten bot für mich das Verhalten der Wattmeter und die Frage, ob es möglich sein würde, bei der vorliegenden hohen Periodenzahl die Angaben der Instrumente in brauchbarer Weise auf die wahre elektrische Leistung zu reduzieren. Von vornherein mußte dies als zweifelhaft erscheinen und die zu überwindenden Schwierigkeiten bis zur Erlangung brauchbarer Korrektionen, waren auch tatsächlich keine geringen. Daß alle die bequemen direktzeigenden Wattmetertypen, wie sie namentlich von S. & H., Weston, H. & Br. gebaut werden, keine brauchbaren Angaben liefern, wurde bereits oben erwähnt. Zunächst galt es also auf die älteren Torsionswattmeter von Ganz & Co. zurückzugreifen, bei denen dauernd mit senkrechter Stellung der beiden Spulenachsen gearbeitet wird, die

hier so störende Wirkung auch kleiner Beträge von Wechselinduktion also nicht ins Spiel kommt oder praktisch auf Null reduziert werden kann.

Was zunächst die Schaltung betrifft, so wurde bei den Vorversuchen mit zwei Wattmetern gearbeitet, von denen das eine die zugeführte Leistung zu messen hatte. Da sich diese aber bei Anordnung nach Fig. 1 praktisch ausreichend in Übereinstimmung befand mit dem Produkt aus zugeführtem Gleichstrom und zugeführter Gleichspannung, so wurde es zur Vereinfachung der an sich schon recht komplizierten Meßanordnung und Beobachtung weiterhin fortgelassen. Da es sich hier hauptsächlich um die Wechselleistungen handelte, so mußte das Wattmeter mit einer festen Hauptstromwicklung, wie in Fig. 1 und 6 angedeutet, in den nur Wechselstrom führenden Schwingungskreis eingeschaltet werden; alsdann blieb auch eine etwaige Gleichspannungskomponente in der beweglichen Spannungsspule auf die Angaben des Instrumentes ohne Einfluß, weil ihr resultierender Antrieb mit dem symmetrischen Wechselfeld der Hauptstromspule Null wird.

Um eine ausreichende Klärung und Kontrolle aller elektrischen Verhältnisse zu erhalten, mußten stets 3 Messungen zusammengenommen werden, so zwar, daß neben den erforderlichen Spannungs- und Stromstärkemessungen die Leistung mit Hilfe eines Fünfschalters (Fig. 1 und 6) einmal in der Kapazität C, ein zweites Mal in der Selbstinduktion L und ein drittes Mal die Totalleistung W_T des parallelgeschalteten Schwingungskreises gemessen wurde. Für stationäre Verhältnisse mußte alsdann nach Anbringung der erforderlichen Wattmeterkorrektionen die Beziehung bestehen

$$\dot{W}_C + \dot{W}_L = \dot{W}_T.$$

Ferner mußte auch wegen der arithmetischen Zusammensetzung der Leistungswerte noch die Beziehung gelten

$$\ddot{W} = W - \dot{W}_T,$$

wenn W die von außen zugeführte elektrische Gesamtleistung $= E \cdot J$ Watt bezeichnet und $\ddot{W}$ die im Lichtbogen umgesetzte Wellenstromleistung darstellt.

Es war von vornherein zu erwarten, daß bei den vorliegenden hohen Werten von ω der Korrektionsfaktor der Wattmeterablesung sehr beträchtliche Werte annehmen und die direkten Ablesungen (multipliziert mit der Wattmeterkonstante) weit entfernt davon sein würden die wahren Wechselleistungen in Watt zu liefern

$$\dot{W} = \dot{E} \cdot \dot{J} \cdot \cos \varphi,$$

sondern eine Angabe

$$\dot{W}' = \dot{E} \cdot \dot{J} \cdot \cos (\varphi \pm \delta), \text{ genauer } = R \cdot \dot{J}_{Sp} \cdot J \cdot \cos (\dot{J}, \dot{J}_{Sp}),$$

wenn δ die Phasenverschiebung bezeichnet, welche zwischen der Meßspannung E und der Stromstärke $\dot{J}_{Sp}$ in der Spannungswicklung besteht und durch $+\delta = \operatorname{arctg}\left(\frac{\omega L_r}{R}\right)$ bezw. $-\delta = \operatorname{arctg}(\omega \cdot C_r \cdot R)$ gegeben ist. Hierin bedeutet R den Ohmschen Widerstand des ganzen Spannungsspulenkreises, L_r eine etwaige resultierende Selbstinduktion desselben in Henry, also $+\delta$ eine Verzögerung des (ein wenig verkleinerten) Spannungsstromes $\dot{J}_{Sp}$ hinter der Spannung $\dot{E}_{Sp}$; C_r bedeutet eine etwaige resultierende Kapazitäts-

Digitized by Google

wirkung im Spannungsspulenkreis in Farad, also $-\delta$ eine Voreilung des (vergrößerten) Spannungsstromes $\dot{J}_{Sp}$ vor der Spannung $\dot{E}_{Sp}$ (vgl. hierzu auch die Figuren 4 und 5). Diese Phasenverschiebung δ mußte aber bei allen drei zusammengehörigen Werten $\dot{W}_C$, $\dot{W}_L$ und $\dot{W}_T$, wie sie mit Hilfe der in Fig. 1 angegebenen Fünfschaltung sich ergeben, denselben Betrag besitzen und daher, wie eine Betrachtung am Kreisdiagramm ohne weiteres zeigt, auch für die zunächst erhaltenen Ablesungen W' sehr angenähert die Beziehung gelten

$$\pm \dot{W}_C' \pm \dot{W}_L' = \pm \dot{W}_T'.$$

Nur muß hierbei auf das Vorzeichen des Ausschlages Rücksicht genommen werden, sowie darauf, daß bei der Schaltung zur Messung der Kondensatorleistung nach Figur 1 der Wattverbrauch der Spannungsspule und des Voltmeters mit gemessen wurde.

Die Vorversuche bestätigten auch die algebraische Summenbeziehung der drei Ausschläge, lieferten aber Ausschläge in Größe und Vorzeichen, welche nicht mit der Erwartung übereinstimmten (vgl. hierzu unten die Angaben der Versuchsnummern 305 bis 307 und 311 bis 313). Benutzt wurde hierbei ein Wattmeter von Ganz & Co. mit den zugehörigen Vorschaltwiderständen, für welche H. W. Weber in dem offiziellen Bericht über die Frankfurter Ausstellung 1891 (siehe Band II, Seite 44) Werte für die Selbstinduktionskoeffizienten angegeben hat. Eine Secohmmetermessung ergab für die bewegliche Spule den nur wenig kleineren Wert von 1,35 Millihenry gegenüber der dortigen Angabe (1,52 Millihenry), umsomehr wurde für den Vorschaltwiderstand von je 500 Ω, welcher genau entsprechend dem Webers beschaffen und von derselben Firma zu etwa gleicher Zeit bezogen war, ein resultierender Selbstinduktionskoeffizient erwartet, der der Angabe Webers von etwa 1,7 Millihenry für je 500 Ω nahe kam.

Dies hätte bei den hohen Werten von ω sehr beträchtliche Werte für $+\delta$ ergeben. Die ersten Beobachtungen waren aber hiermit nicht in Einklang zu bringen, sondern schienen eher auf ein entgegengesetztes Vorzeichen von δ hinzuweisen.

Dieser Punkt war hier von so grundlegender Wichtigkeit, daß er zunächst Klärung verlangte, wobei sich herausstellte, daß die ganze Versuchsanordnung sich als sehr günstig erwies, um überhaupt für beliebige Widerstandsanordnungen den resultierenden Koeffizienten, welcher neben dem Ohmschen Widerstand noch in Frage kommt, experimentell festzustellen und zwar nicht nur qualitativ, sondern auch praktisch ausreichend genau zu messen. Derselbe Umstand (der hohe Wert von ω), welcher nach den obigen Ausführungen geringe Werte der Wechselinduktion bei direktzeigenden Dynamometern so stark in den Vordergrund treten läßt, daß sie für die Messung unbrauchbar werden, wirkt hier günstig, indem er die kleinen Werte der Nebenkoeffizienten, d. i. der resultierenden Selbstinduktion bezw. Kapazität von Leiteranordnungen so stark in den Vordergrund treten läßt, daß ihre Messung möglich wird, was bei den technischen Wechselzahlen wegen der relativen Kleinheit nicht der Fall ist.

Die experimentelle Ermittelung gab mir nun die Gewißheit, daß jene von Weber gemachten Zahlenangaben offenbar überwiegend auf die theoretische Ableitung (unter Benutzung der Selbstinduktionskoeffizienten-Formel für bifilare Drähte) begründet

Digitized by Google

waren, jedoch unter Vernachlässigung ihrer Kapazitätswirkung. Jedenfalls haben angestellte experimentelle Versuche sich entweder auf ganz andere Drahtanordnungen bezogen, oder bei den vorliegenden eine unrichtige Auslegung der Angaben des Telephons in der Brücke erfahren, denn die Kapazitätswirkung ist, wie meine Versuche zeigen, so beträchtlich, daß sie jene Selbstinduktion weit übertrifft, so daß eine erhebliche resultierende Kapazitätswirkung bei allen Bifilar-Widerständen die Folge ist.

Dieser Nachweis ließ sich im vorliegenden Falle ganz unmittelbar führen durch die Schaltung der Fig. 3. Hierin bedeutet L die im Schwingungskreis der Fig. 1 benutzte Selbstinduktionsspule, $\dot{E}$ das Wechselstromvoltmeter (Hitzdraht oder elektrostatisches Instrument). Die von ihm angezeigte Druckdifferenz $\dot{E}$ in Volt dient zusammen mit der Stromstärke $\dot{J}_S$ im Schwingungskreis einmal zur Ermittelung von $\omega_i = \frac{\dot{E}}{L \cdot \dot{J}_S}$, ein zweites Mal zur Untersuchung des resultierenden Koeffizienten der Widerstandsanordnung mit R Ω Gleichstromwiderstand. Wird nämlich die Stromstärke $\dot{J}$ in Ampere bezw. Milliampere direkt durch ein Hitzdrahtinstrument gemessen so liefert die Beziehung

$$Z = \frac{\dot{E}}{\dot{J}} \ \Omega,$$

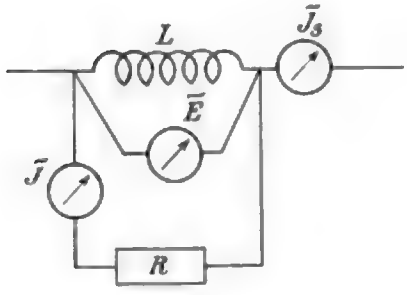


Fig. 3.

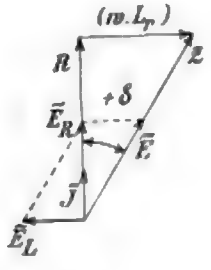


Fig. 4.

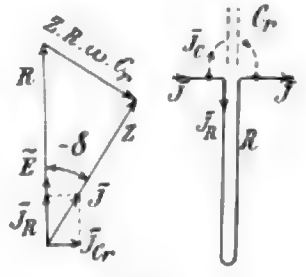


Fig. 5.

mit Heranziehung des Wertes R den resultierenden Nebenkoeffizienten in Richtung, d. h. ob Selbstinduktion, ob Kapazität, und in Größe. Also für resultierende Selbstinduktion L_r (vgl. Fig. 4)

$$L_r = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z^2 - R^2}$$

und für resultierende Kapazität C_r — parallel zu den Enden von R Ω geschaltet gedacht (vgl. Fig. 5) —

$$C_r = \frac{\sqrt{R^2 - Z^2}}{Z \cdot R \cdot \omega}.$$

Zur Untersuchung der Wattmetervorschaltwiderstände wurde für $\dot{J}$ ein als Stromzeiger geaichtes Hitzdraht-Voltmeter von etwa 23 Ω Widerstand benutzt. Es fanden sich folgende Werte bei $L = 0{,}28$ Millihenry, wenn C_n die nominelle Kapazität des Glimmerkondensators im Schwingungskreise bezeichnet:

Digitized by Google

No.	J Amp.	E Volt	$\ddot{E}$ Volt	C_n Mf.	J_S Amp.	$\dot{E}_L$ Volt	J Amp.	$Z = \dot{E}_L : J_R$	R Ohm	$\omega_1 \cdot \dot{E}_{L3}(L.J)$	C_r Mf. 10^{-6}	Bemerkung
258	3,5	39	50	0,7	3,64	70,5	0,154	460	495	84000	120	Bifilare Widerstände für sich.
259	2,5	40	48		2,42	62	0,145	428	+ 23	112000	118	
260	2,45	41	50		2,42	61,5	0,145		=518			
261	2,3	42	53	0,4	2,42	62,5	0,146	428		113000	117	
262	2,4	41,5	51		2,51	62,5	0,143	440	523	110000	108,7	Bif. Wid. m. bewgl. Wattmeterspule.
263	2,35	42	52		2,40	63	0,143					
255	2,9	41,5	46	0,4	2,78	67,5	0,128	523	524	108000	0	Lamettawid. zu 501 Ω für sich.
257	3,5	40	49	0,7	3,64	68,5	0,130	526	524	82000	0	

Die Tabelle enthält die hier interessierenden Ablesungen, sowie in den drei ersten Vertikalreihen die Betriebsgrößen am Lichtbogen. Aus den berechneten Werten der letzten Reihen geht hervor, daß die resultierende Kapazität C_r, auf die Einheitsrollen von etwa 500 Ω bezogen, den verhältnismäßig großen Wert von 0,01 Mf. übersteigt. Bei Hinzunahme der beweglichen Spule des Wattmeters findet zwar eine Erhöhung von Z statt, doch ist die tatsächlich verbleibende Kapazitätswirkung des ganzen Spannungsspulenkreises nur wenig verringert, so daß eine beträchtliche Voreilung von J_{Sp}, d. h. ein erhebliches $-\delta$ die Folge ist, wenn Bifilar-Widerstände zum Vorschalten benutzt werden.

Da passende Lametta-Widerstände (10×2000 Ω) von S. & H. vorhanden waren, so wurden 4 Abteilungen parallel geschaltet, deren Gleichstromwert 501 Ω betrug. Mit dem Hitzdrahtvoltmeter zusammen also 524 Ω. Wie vermutet, war auch der gefundene Wert von Z hiervon praktisch nicht verschieden, was einmal für die folgenden Messungen einen wirklich reinen Ohmschen Vorschaltwiderstand ohne merklichen Nebenkoeffizienten ergab, ein zweites Mal eine Bestätigung des Vorstehenden.

Wie groß der Einfluß des Vorschaltwiderstandes auf die Angaben W' des Wattmeters ist, mögen die beiden folgenden Beobachtungssätze für sonst gleiche Verhältnisse zeigen, von denen der erste (No. 305 bis 307) mit 510 Ω Lametta-Widerstand als Vorschaltwiderstand, der zweite (No. 311 bis 313) mit dem dem Wattmeter beigegebenen Bifilar-Widerstand erfolgte. In beiden Fällen war im Schwingungskreis als Kapazität ein Glimmerkondensator mit 1,1 Mf. eingeschaltet, als Selbstinduktion nur die feststehende Wattmeterspule mit etwa 0,003 Millihenry.

No.	J Amp.	E Volt	$\ddot{E}$ Volt	J Amp.	$\dot{E}_L$ Volt	$\ddot{E}_C$ Volt	W' $= c \cdot \alpha$	ω_1 etwa	$\dot{E}$ Volt	$\dot{E}$ $\ddot{E}^2 - E^2$
305	4,8	39,2	52,5	5,0	49,1	75	$T = +24,2$	90 000	65	36,3
306	4,95	39,4	52	5,0	48,5	73	$C = -23,6$			35,5
307	4,95	39,4	51,5	5,0	49,6	75	$L = +55,0$			34,6
311	5,0	38,5	51	5,8	48,0	71,8	$L = +9,7$	90 000	61	32
312	4,9	40,0	53	5,8	48,5	74,5	$T = +47,2$		63	34
313	4,85	40,2	54,5	5,0	48,3	74,8	$C = +47,8$			36

Digitized by Google

Der starke Einfluß des verschiedenen Vorzeichens von δ springt bei den Ablesewerten W' sofort in die Augen und ist besonders bei den Kondensatorwerten W_C' durch den Wechsel des Vorzeichens recht auffallend. Zu bemerken ist noch, daß die Wattmeterkonstante $c = c_i \cdot R$ sich aus der Dynamometerkonstanten 0,0242 im ersten Fall zu etwa 1,22, im zweiten zu 1,21 ergab, ferner daß gemäß der Schaltung nach Fig. 1 bei den Werten unter C sich als Korrektion für den mitgemessenen Wattverbrauch der Spannungsspule der Betrag von $(\bar{E}_C)^2 : R$ oder 10,5 bezw. 10,8 Watt ergibt. Nach Anbringung derselben erhält man bei No. 306 $W_C' = -34{,}1$ und bei No. 313 $W_C' = +37{,}0$. Die Beziehung $W_T' = W_L' + W_C'$ ist also mit Rücksicht auf die schwankenden Verhältnisse und die Schwierigkeiten bei Durchführung der Messungen ausreichend erfüllt.

Die Behandlung und Auswertung einer Leistungsmessung möge zum Schluß an einem der zuletzt erhaltenen Beobachtungssätze gezeigt werden, welche nach dem Schaltungsschema der Figur 6 durchgeführt wurden. Dieses enthält gegenüber den

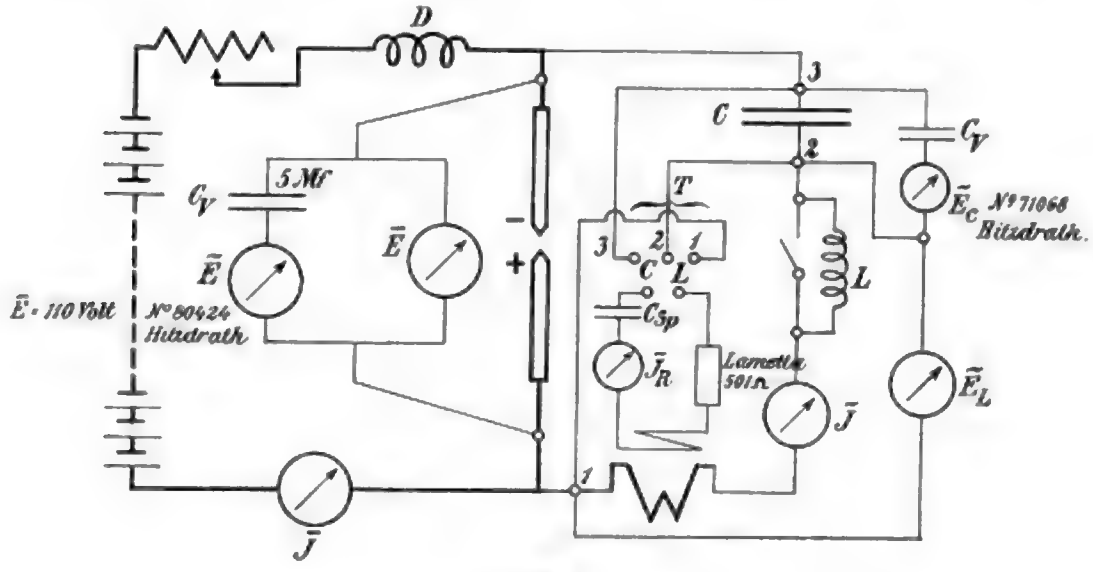


Fig. 6.

früheren noch folgende Abänderungen, teils Verbesserungen, teils Kontrollmöglichkeiten: Um die Wechselspannungen $\bar{E}$ direkt messen zu können, anstelle der Wellenspannungen $\bar{E}_i$, wurde sowohl vor das Hitzdrahtvoltmeter No. 80 424, als auch vor No. 71 068 eine Kapazität C_V von mehr als 1 Mf geschaltet. Hierdurch wurde die Gleichspannung $\bar{E}$ abfiltriert, ohne daß bei etwas höheren Werten von ω eine merkliche Verkleinerung von $\bar{E}$ eintrat, da der Ausgleichswiderstand durch den geometrisch zu addierenden Wert $\frac{1}{\omega \cdot C_V}$ nur unwesentlich geändert wird. So beträgt z. B. für $\omega = 40\,000$

Digitized by Google

und für einen wirksamen Wert von $C_Y = 1$ Mf jener Wert absolut 25 scheinbare Ohm. Für ein Hitzdrahtvoltmeter von etwa 600 Ω gibt das etwa eine Erhöhung auf nur

$$\sqrt{600^2 + 25^2} = 600 \left(1 + \frac{0{,}01^2}{2}\right)$$

d. h. um weniger als 0,1 %.

Beim Wattmeter wurde gleichfalls in dem Spannungsspulenkreis ein Hitzdrahtvoltmeter J_R sowie ein variabler Glimmerkondensator C_{Sp} in Reihe mit der Spannungsspule und dem Lamettawiderstand von 501 Ω geschaltet. Durch Variation von C_{Sp} war es alsdann möglich, entweder $\delta = o$ zu machen, was aber praktisch nur in gewissen Fällen durchführbar ist, oder ein Nullverfahren zur Bestimmung einer Phasenverschiebung im Kreisdiagramm anzuwenden. Wählt man z. B. C_{Sp} kleiner als $\frac{1}{\omega^2 \cdot L_{Sp}}$ oder kleiner als bei dem benutzten ω zur Kompensation des L_{Sp} der beweglichen Spule erforderlich ist, hier kleiner als $\frac{740}{\omega^2}$ Farad, so eilt der Spannungsstrom vor (vgl. Figur 7).

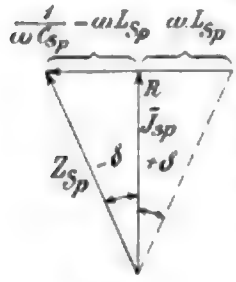


Fig. 7.

Man kann nun $-\delta$ so einregulieren, daß der Ausschlag W_L' — im anderen Fall W_C' — praktisch zu Null wird; alsdann liefert die berechenbare Größe von $-\delta$ den Winkelwert, welcher dem $\dot{E}_L$ gegenüber $\dot{J}$ an 90° Phasenverschiebung fehlt. Dies möge am folgenden Zahlenbeispiel gezeigt sein, bei welchem im Schwingungskreis eine nominelle Kapazität C von 7,1 Mf, überwiegend Papierkondensatoren neben 1,1 Mf Glimmer, eingeschaltet und als Selbstinduktionskoeffizient nur die Hauptstromspule des Wattmeters mit etwa 0,003 Millihenry in Frage kam durch unmittelbare Verbindung der Wattmeterklemme mit der Kapazität C, wie in Figur 6 durch den Kurzschließer angedeutet. Als Ohmscher Widerstand des Schwingungskreises mit Gleichstrom im warmen Zustand gemessen fand sich

$$R_{169} + R_{71403} = 0{,}04 + 0{,}031 = 0{,}071\ \Omega.$$

Wurde bei C_{Sp} der Wert 1,1 Mf eingeschaltet, so war der Ausschlag W_L' etwa + 21,5 bei $C_{Sp} = 0{,}4$ Mf nur noch + 5,2 und zwischen 0,37 und 0,36 Mf wurde die Nulllage passiert, so zwar, daß $C_{Sp} = 0{,}36$ nur − 0,2 Ausschlag lieferte. Die Messung wurde also bei diesem Wert von C_{Sp} durchgeführt und lieferte die folgenden Beobachtungswerte, wobei der Wert von $\dot{E}_C$ zur Kontrolle noch durch ein elektrostatisches Multicellularvoltmeter bestimmt wurde:

No.	J Amp.	E Volt	$\dot{E}$ Volt	$\dot{J}$ Amp.	$\dot{E}_L$ Volt	$\dot{E}_C$ Volt	$\dot{E}_C'$ Volt	α_W	J_{Sp} Amp.
617	5,3	45,8	43,5	9,85	36,8	74,5	60	$L = -0{,}2$	ca. 0,063
618	5,4	45	41,5	9,75	36,4	73,5	58	$T = +95$	0,070
619	5,4	46,4	42	9,7	36,0	73,0	58	$C = +95$	0,108

Digitized by

Die Auswertung dieser Beobachtungszahlen ergab:

No.	W' = 1,30 α	Volt × Ampere	cos φ'	φ'	φ = $\varphi' \pm \delta$	cos φ	W Watt	W_{corr} Watt	R_w = $W : \dot{J}^2$
617	L − 0,26	362	0,0007	90° 25′	87°	0,053	19,2	19,2	0,196 Ω
618	T + 123,5	407	0,304	72° 18′	77° 50′	0,215	100,0	100,0	1,05 Ω
619	C + 123,5	563	0,220	77° 19′	80° 50′	0,159	89,5	82,9	0,88 Ω

Hierbei wurde folgendermaßen verfahren, wenn die Horizontalreihe L die Werte für den Schwingungskreisteil zwischen Punkt 1 und 2, T diejenigen zwischen 1 und 3 und C diejenigen zwischen 2 und 3 angibt. Der Ausgleichwiderstand Z_{Sp} ergab sich zu $\dot{E}_C : \dot{J}_{Sp} = 58 : 0{,}108$, also etwa 537 Ω_w, wovon etwa 529 Ω. Sonach wurde

$$W' = 0{,}00242 \cdot 537 \cdot \alpha = 1{,}30\ \alpha$$

ausgerechnet. Das Verhältnis von W' zu den zugehörigen VA, d. h. zu $\dot{E}_L \cdot \dot{J}$ bezw. $\dot{E} \cdot J$ bezw. $\dot{E}_C \cdot \dot{J}$ lieferte die Phasenverschiebung φ' zwischen dem Hauptstrom $\dot{J}$ und dem Spannungsspulenstrom $\dot{J}_{Sp}$. Dieses φ' unterscheidet sich von der wahren äquivalenten Phasenverschiebung um

$$\pm \delta = \operatorname{arctg}\left(\frac{\frac{1}{\omega C_{Sp}} - \omega L_{Sp}}{R_{Sp}}\right) = \frac{87 - 54}{529} = 0{,}0625.$$

Hieraus folgt δ zu etwa 3° 30′ hinreichend genau, wenn auch der wirksame Wert von C_{Sp} zu etwa 0,29 Mf eingesetzt nur angenähert zutrifft (vgl. unter 3). An dem Leistungsfaktor cos φ und den Voltampere folgen nun die wahren Watt, von denen der Wert für C noch um etwa

$$6{,}0 = \frac{59^2}{529}$$

zu verkleinern ist.

Die Zahlen lassen auch noch weitere Auswertungen zu, die nicht ohne Interesse sind: Bildet man zunächst den wirksamen Widerstand R_w zu $(W : \dot{J}^2)\ \Omega$, so bleibt nach Abzug des Amperemeterwiderstandes mit 0,081 Ω von 0,196 noch 0,165 Ω für die Hauptstromspule des Wattmeters, was eine Steigerung seines warmen Gleichstromwiderstandes auf etwa den vierfachen Wert bedeuten würde. Diese Erhöhung durch Oberflächenwirkung und Wirbelströme erklärt auch die beobachtete auffallend starke Erwärmung der Hauptstrompule.

Die dem Lichtbogen zugeführte Leistung $\bar{E} \cdot \bar{J}$ beträgt etwa 248 Watt, so daß im Schwingungskreise etwas weniger als die Hälfte umgesetzt wird, während im Lichtbogen, der eine auffallend starke Herabsetzung der Lichtaussendung bei Wellenstrombildung zeigt, nach Abzug der Leistung für die Hitzdrahtvoltmeter, wenig mehr als 100 Watt — überwiegend in Wärme — umgesetzt werden. Interessant bleibt, daß die Wellenstrombildung stets nur bei stärkerer Voreilung des Wechselstromes $\dot{J}$ gegenüber der resultierenden Gesamtspannung $\dot{E}$ möglich zu sein scheint, wenigstens gelang es mir nie, den Spannungsvektor $\dot{E}$ im Kreisdiagramm auf die andere Seite, ja auch nur

Digitized by Google

in den Halbquadranten zwischen 0 und 45° zu bringen. Wurde bei $C_w = 7{,}1$ Mf der Wert von L immer mehr gesteigert, so konnten bei kleinen Werten von J (etwa 2 Amp.) und hohen Werten von E (etwa 55 bis 60 Volt) noch leidlich stationäre Schwingungsverhältnisse bei $L = 3{,}47$ Millihenry und $\omega_i = 7200$ erhalten werden, doch auch hier war der Wert von ωL mit etwa 25 Ω_s noch kleiner als $\frac{1}{\omega \cdot C_w}$ mit etwa 30 Ω_s, so daß der elastische Widerstand den Trägheitswiderstand übertraf und $\dot{E}$ in der Nähe von $\dot{E}_c$ im Kreisdiagramm lag. Beim obigen Zahlenbeispiel, dessen Kreisdiagramm Fig. 8

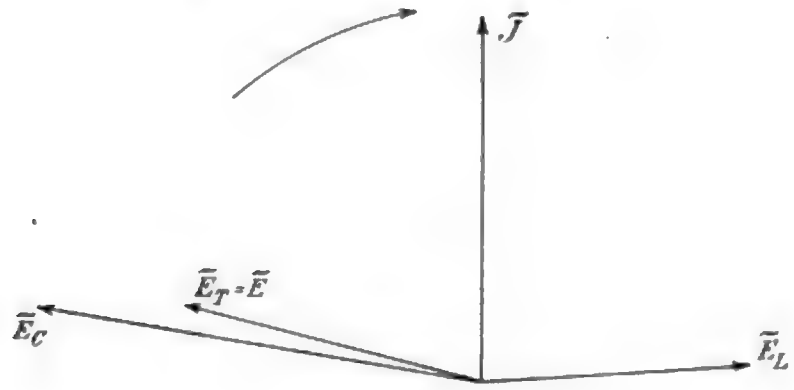


Fig. 8.

angenähert wiedergibt, rechnet sich $\omega \cdot L$ zu etwa 3,7 Ω_s, während $\frac{1}{\omega \cdot C_w}$ etwa 6 Ω_s ergibt, was eine Differenz von etwa 2,3 Ω_s zu gunsten des elastischen Widerstandes und nach Fig. 7 bei $R_w = 1{\cdot}05\ \Omega$ (vgl. obige Auswertung) eine Voreilung von $\dot{J}$ gegen $\dot{E}$ von angenähert 70° liefert. Der Wert für C_w wurde hierbei nach der Formel $C_w = \frac{\dot{J}}{\omega \cdot \dot{E}_C}$ zu etwa 4,2 Mf gegenüber $C_w = 7{,}1$ Mf bestimmt, doch liefert dies nur angenäherte Werte, wenn für ω das obige ω_i eingesetzt wird, da hier ω_e in Frage kommt, das erheblich von jenem abweichen kann.

3. Weitere Untersuchungen mit Lichtbogenwechselstrom.

Die Möglichkeit, stationäre Wechselstromschwingungen von sehr hoher Schwingungszahl auf die vorstehende Weise zu beschaffen, regte zu weiteren Untersuchungen an, von denen noch einige kurz mitgeteilt seien, wenn auch, besser vielleicht, weil ein Teil derselben noch etwas problematischen Charakter besitzt und weitere Untersuchungen wünschenswert erscheinen läßt. Im Anschluß an die Untersuchungen über die resultierende Kapazität C_r der bifilaren Vorschaltwiderstände für die Wattmeterspule wurden auch bei anderen Widerständen diese Koeffizienten bestimmt. So wurde an einem sorgfältig in Rollenform gewickelten Bifilarwiderstand aus Manganindraht von $2 \times 259{,}2\ \Omega$, dessen vier Enden zugänglich waren, das Verhältnis

Digitized by Google

seiner Kapazität als Rollenkondensator, d. h. mit offenen Enden, zu seiner resultierenden Kapazität als Bifilarwiderstand von 518,4 Ω, d. h. mit geschlossenen Enden, bestimmt.

Dies wurde zunächst, genau wie oben unter 2 angegeben, mit Benutzung eines Hitzdrahtvoltmeters zur Messung von $\dot{J}_R$ durchgeführt und bei $\dot{E}_L = 48$ Volt die Stromstärke von 0,0915 Amp. bei geöffneten Enden, hingegen die nur wenig größere von 0,1005 Amp. bei geschlossenen Enden erhalten. Im ersten Fall war also der Ausgleichwiderstand $Z_1 = 525\ \Omega_s$, im zweiten $Z_2 = 489\ \Omega_s$. Bei einem ω_i von etwa 112 500 liefert dies die wirksame Rollenkapazität

$$C_w = \frac{\dot{J}_R}{\omega \cdot \dot{E}} = \frac{0{,}0915}{112\,500 \cdot 48} = 169 \cdot 10^{-4}\ \text{Mf},$$

während die resultierende Kapazität C_r bei Bifilarschaltung (Enden geschlossen) sich zu $\frac{\sqrt{R^2 - Z^2}}{\omega \cdot R \cdot Z}$ d. h. hier zu $\frac{\sqrt{540{,}9^2 - 480^2}}{112\,500 \cdot 540{,}9 \cdot 480} = 85 \cdot 10^{-4}$ Mf ergibt. Da die Ablesungen am Hitzdrahtvoltmeter nicht genau genug erschienen, so wurde die Untersuchung mehrfach wiederholt unter Benutzung eines Frieseschen Spiegelhitzdrahtinstrumentes zur Messung von $\dot{J}_R$, während die Messung der Spannung durch ein Voltmeter mit vorgeschalteter Glühlampe bei günstigeren Ausschlagverhältnissen durchgeführt wurde. Bei dem höheren Wert von $\omega_i = 124\,000$ ergab sich alsdann $C_w = 174 \cdot 10^{-4}$ Mf und $C_r = 88{,}5 \cdot 10^{-4}$ Mf. In beiden Fällen war also C_r sehr nahe gleich der Hälfte von C_w, während es früher mit niederen Wechseln (Secohmmeter) näher nach ein Drittel zu gefunden worden war. Den Grund hierfür liefert offenbar die verhältnismäßig stärkere Verkleinerung von C_w bei hohem ω. Der stark gesteigerte Ladestrom muß für die entfernteren Kondensatorenelemente $(d\,C_w)$ die vorliegenden Widerstandselemente (R_s) passieren, so daß nach der Gleichung

$$\dot{E}_c = \sqrt{\dot{E}^2 - \dot{E}_R^2} = \sqrt{\dot{E}^2 - \Sigma\,(\dot{E}_c \cdot \omega \cdot d\,C_w)^2 \cdot R_s^2}$$

die Ladespannung $\dot{E}_c$ der entfernteren Kondensatorelemente eine mit ω wachsende Verkleinerung gegenüber der Meßspannung $\dot{E}$ erfährt, was den Wert $\dot{J}_R$ und weiterhin wirksamen Wert C_w gemäß der obigen Gleichung herabdrücken muß.

Um bei anderen Bifilarwiderständen der Meßtechnik die resultierende Kapazität zu ermitteln, mußten viel kleinere Ströme angewendet werden, deren Messung nur indirekt erfolgen konnte. Dies geschah nach der Schaltung von Figur 9. Die benutzte und mit Hitzdrahtvoltmeter gemessene Wechselspannung $\dot{E}$ wurde also dem zu untersuchenden großen Widerstand R in Reihenschaltung mit einem elektrostatischen Voltmeter E_{st} (Multicellular nach Thomson) aufgedrückt. Vorher wurde die Eigenkapazität C_{st} des Voltmeters abhängig vom Ausschlag ermittelt und graphisch aufgetragen. Aus den beiden Spannungen $\dot{E}$ und $\dot{E}_{st}'$, dem Wert ω, der Kapazität C läßt sich die Ladestromstärke $\dot{J}_{st}$ des elektrostatischen Voltmeters, ferner die Spannung $\dot{E}_R'$ an den Klemmen von R und endlich auch der resultierende Wert C_r des zu untersuchenden Widerstandes berechnen (vergl. Fig 10), wenn zum Vergleich ein kapazitätsfreier Lamettawiderstand (hier $5 \times 20\,000\,\Omega$) herangezogen wird, bei welchem die Zerlegung von E rechtwinklig in $\dot{E}_R$ und E_{st} er-

Digitized by Google

folgt. Es fand sich für eine Abteilung (100 000 Ω) eines Bifilarwiderstandes von 1 Megohm von S. & H. der Wert $C_r = 443 \cdot 10^{-6}$ Mf; hingegen für einen zehnteiligen Dekadenwiderstand von Wolff zu 100 000 Ω der Wert $C_r = 93{,}5 \cdot 10^{-6}$ Mf, während ein nicht unterteilter älterer Widerstand von Edelmann von 100 000 Ω etwa $1520 \cdot 10^{-6}$ Mf. aufwies.

Zu beachten ist, daß C_r um so kleiner ausfällt, je größer der Widerstand R ist, auf den (als elektrischen Hebelarm) es bezogen wird. So ergaben z. B. 2 Rollen mit je 500 Ω des Wattmeterwiderstandes den resultierenden Wert $C_r = 57 \cdot 10^{-4}$ Mf bezogen auf den ganzen Widerstand von 1000 Ω, also halb so groß, wie bei der Bezugnahme auf die Einzelrolle.

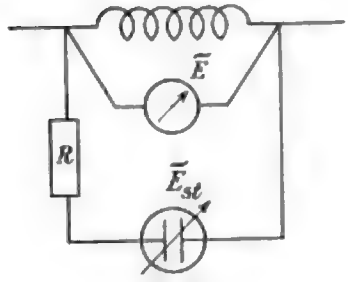


Fig. 9.

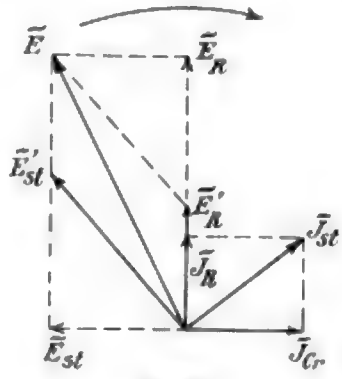


Fig. 10.

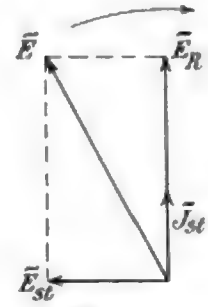


Fig. 11.

Eingehende Versuche, die Schaltung der Figur 9 zur Ermittelung von ω_s zu benutzen, unter Verwendung von 20 000 bis 100 000 Ω Lamettawiderstand für R, führten zu keinen eindeutig günstigen Ergebnissen. Die Werte von ω_s wurden hierbei wie folgt berechnet (vgl. Fig. 11): Zunächst wurde

$$\dot{E}_R = \sqrt{\dot{E}^2 - \dot{E}_{st}^2},$$

hierauf

$$\omega_s = \frac{\dot{J}_{st}}{C_{st} \cdot \dot{E}_{st}} = \frac{\dot{E}_R}{R \cdot C_{st} \cdot \dot{E}_{st}}$$

berechnet. Die Werte stimmten zwar in vielen Fällen recht gut mit

$$\omega_s = \frac{\dot{E}_L}{\dot{J} \cdot L}$$

überein, wiesen in anderen Fällen mäßige Abweichungen von 10—20 % des Wertes auf, die teils auf wirkliche Abweichungen der beiden ω-Werte, teils auf ein Nachhinken der schwankenden Angaben des trägen elektrostatischen Voltmeters zurückzuführen waren. Hin und wieder waren die Abweichungen aber noch erheblich stärker, und es machten sich offenbar Störungsursachen je nach der Wahl von R geltend, ohne daß ihre Beseitigung völlig gelang. Ob stehende Schwingungen oder eine andere Erscheinung die Ursache war, blieb unaufgeklärt.

Ein besonderes Interesse bot noch die Untersuchung des wirksamen Wertes C_w der nominellen Kapazität C_n im Schwingungskreise. Auch hier war eine Eindeutigkeit des Ganges von C_w, abhängig von der Größe von ω, wie anfänglich vermutet wurde, nicht nachweisbar; jedenfalls waren andere Argumente vorhanden, welche die Größe des nach der Gleichung

$$C_w = \frac{\mathfrak{J}_c}{\omega \cdot \mathfrak{E}_c}$$

berechneten Wertes in noch höherem Grade beeinflußten. Als solche wurde einerseits die primäre Betriebsstromstärke $\mathfrak{J}$ des Lichtbogens, anderseits die Lichtbogenlänge bezw. die Wellenspannung $\mathfrak{E}$ des Lichtbogens erkannt. Um diese Abhängigkeit experimentell festzustellen, wurde bei demselben Kapazitätswert eines Glimmerkondensators ($C_n = 0{,}8$ Mf) und demselben Wert von ω, der in engen Grenzen um 108 000 schwankte, eine längere Versuchsreihe ausgeführt, und zwar zwischen den weitesten Betriebsgrenzen der Wellenstrombildung, wobei nach beiden Seiten die Erscheinung bis zum Abschnappen verfolgt wurde. Die Auswertung und die graphische Auftragung der vergleichbaren Ergebnisse ist in den Figuren 12 und 13 erfolgt. In Figur 12 sind

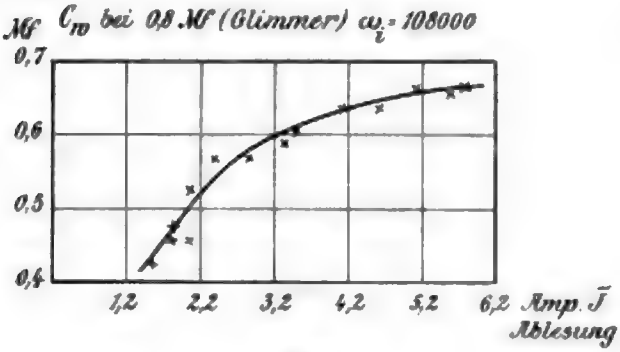


Fig. 12.

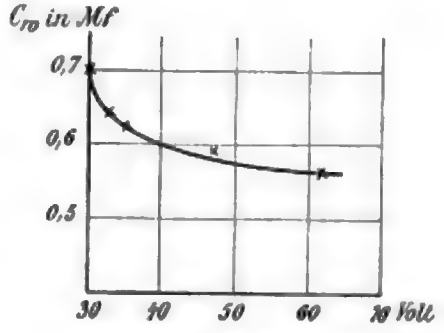


Fig. 13.

die errechneten Werte von C_w abhängig von der Betriebsstromstärke $\mathfrak{J}$ des Lichtbogens, in Figur 13 sind sie abhängig von der Lichtbogenlänge, oder, da diese eine einigermaßen zuverlässige Bestimmung nicht zuläßt, von der Wechselspannung ($\mathfrak{E}_c$) am Kondensator aufgetragen. Bei angenähert gleicher Stromstärke, hier um $\mathfrak{J} = 2{,}7$ Amp., zeigt $\mathfrak{E}_c$ bei Verlängerung des Lichtbogens gleichen Gang mit der Wellenspannung $\mathfrak{E}$ am Lichtbogen, kann somit als Maß für die relative Stärke des Schwingungsvorganges dienen. Sichere Schlüsse sind bei der großen Mannigfaltigkeit des Erscheinungskomplexes vorerst nicht zu ziehen, doch liegt für die scheinbare Änderung von C_w die Vermutung nahe, daß die Reinheit der Schwingungen durch die Art der periodischen Widerstandsänderung im Lichtbogen bedingt ist und beide von den Betriebsverhältnissen abhängen, wie dies auch bei niederen Wechselzahlen oscillographisch gefunden wurde (siehe Monasch a. a. O. §§ 26 bis 28). Hierfür scheint auch der

Digitized by Google

Wechsel im Charakter des Lichtbogens zu sprechen. Die Formel zur Berechnung von C_w, welche zunächst die Sinusform annimmt, würde sonach bei starker Abweichung der Spannungswellen von der Sinusform eine scheinbare Änderung von C_w liefern, meist wohl im Sinne eines zu großen Wertes wegen zu klein eingesetzten Wertes von ω_s.

Zum Schluß möge unter Heranziehung der Versuchsergebnisse nochmals eine Frage angeschnitten werden, welche schon wiederholt die elektrophysikalischen Gemüter erhitzt hat, ohne jedoch trotz langdauernder Diskussionen und Kontroversen eine eindeutige Entscheidung erfahren zu haben*). Gemeint ist die Streitfrage: Ist der elektrische Lichtbogen der Sitz einer Gegen-EMK oder nur eines Ausgleichwiderstandes. Mir scheint, daß gegenüber den früheren Versuchsanordnungen, welche zum Beweis der Richtigkeit der einen oder anderen Auffassung dienen sollten, ohne es einwandfrei zu können, die Heranziehung der Beobachtungen am Wellenstrombogen nach Art der Figur 1 oder 6, ein wesentlich neues Moment darstellt, weil gleichzeitig gemessene Gleich- und Wechselstromgrößen vorliegen.

Bei Gleichstrom ist eine Entscheidung über die Teilung der Lichtbogenspannung E in eine Polarisationskomponente E_p und eine Widerstandskomponente $E_R = J \cdot R$ deshalb aus den elektrischen Beobachtungen nicht angängig, weil mangels einer Phasenverschiebung die Gleichung besteht

$$W = E \cdot J = E_p \cdot J + E_R \cdot J = J(E_p + E_R)$$

Bei symmetrischem Wechselstrom kommt eine eigentliche, dauernde Polarisation im Sinne einer Einseitigkeit der Kohlenelektroden nicht in Frage.

Im Wellenstromlichtbogen aber ist der symmetrische Wechselstrom $\dot{J}$ des Schwingungskreises dem einseitigen (Gleichstrom-)Lichtbogen übergelagert und gestattet eine Betrachtung von beiden Seiten.

Unter Hinweis auf die Schaltung der Figur 1 oder 6 und auf das Zahlenbeispiel der Beobachtungsnummern 617 bis 619 möge zunächst noch erwähnt sein, daß durch eigne Versuche festgestellt wurde, daß der Wechselstrom $\dot{J}$ des Schwingungskreises auch praktisch den Lichtbogen allein durchsetzt ohne merkliche Abzweigung durch die Batterie. Abgesehen von den bei Figur 1 angedeuteten Ampèremeterbeobachtungen wurde dies auch noch durch besondere Messungen an der vorgeschalteten Drosselspule D bestätigt und gleichzeitig gefunden, daß die Wechselspannung $\dot{E}_D$ zwischen den Enden der Drosselspule, zu

$$\dot{E}_D = \sqrt{(\ddot{E}_D)^2 - (E_D)^2}$$

bestimmt, sehr nahe mit der Wechselspannung am Lichtbogen

$$\dot{E} = \sqrt{(\ddot{E})^2 - (E)^2}$$

übereinstimmt. Zu diesem Zweck wurde eine eisenfreie Drosselspule mit 2010 Windungen und einem Selbstinduktionskoeffizienten von 80,0 Millihenry eingeschaltet. Die Spannungsmessungen, welche zur Vorsicht an der Drosselspule auch elektrostatisch

*) Eine ausführliche Zusammenstellung über die Streitfrage der Elektromotorischen Gegenkraft im Lichtbogen nebst Literaturangaben findet sich in Monasch, der elektrische Lichtbogen §§ 53—55.

Digitized by Google

kontrolliert wurden, lieferten für $\dot{E}$ und $\dot{E}_p$ gegen 34 Volt, was bei einen $\omega = 165\,000$ in der Drosselspule eine Wechselstromstärke von nur $\frac{34}{165 \cdot 80} = 2{,}6$ Milliampère liefert, die gegenüber dem beobachteten $\dot{J} = 2{,}86$ Ampère verschwindet.

Aus den Zahlen von No. 617—619 folgt nun ein scheinbarer Ausgleichwiderstand für Gleichstrom

$$\bar{Z} = \frac{\bar{E}}{\bar{J}} = \frac{42{,}3}{5{,}82} = 8{,}5\ \Omega,$$

hingegen für Wechselstrom

$$\dot{Z} = \frac{\dot{E}}{\dot{J}} = \frac{42{,}5}{9{,}76} = 4{,}33\ \Omega.$$

Weist schon dieses Ergebnis der Wechselstrommessung mit seinem weit kleineren Wert von $\dot{Z}$ gegenüber Z auf eine Polarisationsspannung im Lichtbogen hin, so noch mehr der Umstand, daß jenes $\dot{Z}$ wegen der großen Phasenverschiebung zwischen $\dot{E}$ und $\dot{J}$ von mehr als 70° (vergl. unter No. 618) noch nicht identisch sein kann mit dem Ohmschen Widerstand des Lichtbogens. Vielmehr deutet diese erhebliche Voreilung von $\dot{J}$ gegenüber $\dot{E}$ — nach dem Vorstehenden muß wegen des Kreislaufcharakters aller elektrischen Ausgleichvorgänge die zwischen den Punkten 1 und 3 bestehende Phasenverschiebung der Wechselkomponenten auch im Lichtbogen vorliegen — auf eine Polarisationskapazität im Lichtbogen hin, welche in Mischung mit dem wirksamen Widerstand R_w jenes $\dot{Z}$ liefert und auf der anderen Seite das Z aus den beiden Teilen $\frac{\bar{E}_p}{\bar{J}}$ und $\bar{J} \cdot R_w$ zusammensetzt. Der schon oben erwähnte Umstand, daß es nie gelang den Wellenstromzustand im Lichtbogen hervorzurufen ohne starke Voreilung von $\dot{J}$ gegenüber $\dot{E}$, deutet weiterhin auf die Allgemeinheit dieser Mischung oder auf das unausbleibliche Auftreten einer Gegen-EMK, sobald eine Gleichstromkomponente im Lichtbogen vorhanden ist. Sollte auch ein Teil dieser Voreilung vielleicht nur scheinbar sein, d. h. Leistungsfaktor infolge von Spannungsbuckeln, so ist für ihren größeren Teil diese Annahme doch nicht angängig.

Im obigen Zahlenbeispiel würde R_w in der Gegend von 1 Ω liegen, so daß die Sinuskomponente von $\dot{Z}$ sich zu etwa 4 Ω ergeben würde, was für die Größenordnung der Polarisationskapazität unter den vorliegenden Betriebsbedingungen die Gegend von 6 Mf liefern würde. Natürlich würde diese sehr stark variieren können, in erster Linie mit der Größe der Lichtbasis, da beim Wellenstromlichtbogen immer nur ein verhältnismäßig sehr kleiner Teil der Elektrodenoberfläche am Betrieb beteiligt ist, weshalb diese Lichtbasis fortgesetzt wandert.

Überträgt man im obigen Zahlenbeispiel den Wert von R_w auf die Gleichstromwerte, so würde etwa nur rund $^1/_6$ der beobachteten Gleichspannung, d. s. hier etwa 6 Volt, zur Überwindung des Ohmschen Widerstandes im Lichtbogen dienen, während der Rest von gegen 40 Volt als Polarisationsspannung oder Gegen-EMK (Kathoden- und Anodenfall) anzusehen wäre. Natürlich würde auch dieser Wert stark durch die Betriebsverhältnisse des Lichtbogens beeinflußt werden.

Digitized by Google

Neben den oben angeführten meßtechnischen Verwendungen des Lichtbogenwechselstromes sind natürlich noch eine Reihe weiterer naheliegend; so z. B. ihre Verwendung zur vergleichenden Messung kleiner Selbstinduktionskoeffizienten. Hierbei erscheint aus den oben angegebenen Gründen das Zurückgehen auf eine Selbstinduktionsnormale weit zuverlässiger als das Zurückgehen auf eine Kondensatornormale C. Das etztere ist von Janet (siehe 1902 Compt. Rend. 134, Seite 452) geschehen, nach dessen Ableitung

$$L = \left(\frac{\dot{E}_L}{\dot{J}}\right)^2 \cdot C$$

zu setzen wäre, doch sind hierbei eine ganze Reihe von Vereinfachungen gegenüber der eigentlich richtigen Formulierung vorgenommen, welche für eine halbwegs genaue Bestimmung von L nicht zulässig erscheinen. Die beiden Beziehungen

$$\dot{J} = \dot{E}_c \cdot \omega_e \cdot C_w$$

und

$$\dot{J} = \frac{\dot{E}_L}{\omega_i \cdot L}$$

liefern strenggenommen die Beziehung zwischen L und C_w zu

$$L = \frac{\dot{E}_L}{\dot{E}_c \cdot \omega^e \cdot \omega_i} \cdot \frac{1}{C_w}$$

Selbst wenn man das Absehen von einer Unterscheidung zwischen ω_e und ω_i als zulässig ansieht, was bei den durch Resonanz gereinigten Spannungskomponenten $\dot{E}_L$ und $\dot{E}_C$ jedenfalls noch eher angängig ist als bei der Lichtbogenspannung $\dot{E}$, so folgt aus

$$\omega_e = \frac{\dot{J}}{\dot{E}_C \cdot C_w} = \omega_i = \frac{\dot{E}_L}{\dot{J} \cdot L}$$

doch erst

$$L = \frac{\dot{E}_C \cdot \dot{E}_L}{\dot{J}^2} \cdot C_w$$

Abgesehen davon, daß Janet keinen Unterschied macht zwichen wirksamer Kapazität C_w und nomineller Kapazität C, was bereits erhebliche Fehler bei L ergeben kann, so setzte er auch $\dot{E}_C = \dot{E}_L$, was ja in gewissen Fällen angenähert zutrifft, obwohl $\dot{E}_C$ immer größer ist als $\dot{E}_L$, in anderen aber nach meinen Messungen (vgl. die obigen Zahlenbeispiele) Fehler von 30 % und mehr verursachen kann. Allerdings werden sich die beiden letzten Fehlerquellen teilweise wieder aufheben. Immerhin wird die Bestimmung

$$L_2 = L_1 \cdot \frac{\dot{E}_{L1}}{\dot{E}_{L2}}$$

genauer ausfallen. Ist L_2 erheblich größer als L_1, so wird man praktisch besser die Parallelschaltung mit zwei Stromstärkebestimmungen d. h. die Beziehung $\dot{J}_1 \; L_1 = \dot{J}_2 \cdot L_2$ benutzen. Daß nur eisen- und wechselinduktionsfreie Spulen für diese Messungen in Betracht kommen, geht aus dem Früheren hervor. Bei der nötigen Vorsicht wird aber der Lichtbogenwechselstrom für den Meßtechniker eine wertvolle Bereicherung der Meßmittel zu diesen und zahlreichen anderen Zwecken darstellen.

Digitized by Google

Der technische Stand und die Entwicklung des ungarischen Eisenbahnwesens im Jahre 1902.

Nach amtlichen Quellen bearbeitet von
Hütteningenieur **Bruno Simmersbach.**

Im Auftrage des Königlich ungarischen Handelsministers gibt das ungarische statistische Zentralamt ein umfassend angelegtes „Statistisches Jahrbuch" heraus, dessen neueste Ausgabe — das Jahr 1902 betreffend — jetzt vorliegt und als Unterlagsmaterial für die nachfolgenden Ausführungen diente.

Ende des Jahres 1902 betrug die Baulänge der in Betrieb gestandenen Eisenbahnlinien im Königreich Ungarn 17 407 km, wovon 984 km oder 5,65 % doppelgleisig ausgebaut waren.

Die allmähliche Entwicklung des ungarischen Eisenbahnnetzes geht aus den folgenden Ziffern hervor, welche die mit Ende des betreffenden Jahres in Betrieb befindlichen Kilometer Eisenbahnlinien angeben.

Ende	des	Jahres	1850	222	km				
-	-	-	1860	1 616	-				
-	-	-	1870	3 477	-	davon	doppelgeleisig	115 km	= 3,31 %
-	-	-	1880	7 078	-	-	-	187 -	= 2,03 -
-	-	-	1890	11 246	-	-	-	721 -	= 6,41 -
-	-	-	1900	17 101	-	-	-	902 -	= 5,27 -
-	-	-	1901	17 264	-	-	-	957 -	= 5,54 -
-	-	-	1902	17 407	-	-	-	984 -	= 5,65 -

In bezug auf die Besitzverhältnisse verteilte sich das Eisenbahnnetz Ende des Jahres 1902 mit:

7679,0 km Baulänge auf die Staatsbahnen,
6758,7 - - - Privatbahnen im Staatsbetriebe und
2973,8 - - - - - Privatbetriebe.

Bei den im Staatsbahnbetriebe stehenden Eisenbahnen ist auch die Länge der im „Ausland" liegenden Strecken der inländischen Gesellschaften mit inbegriffen, daher rührt auch der Unterschied in der Gesamtsumme von 17 412,1 km gegenüber der vorher angeführten Ziffer von 17 407 km. Von den Privatbahnen waren 1321,5 km Hauptbahnen, während, 8411 km als Nebenbahnen in Betracht kamen.

Betrachtet man die Eisenbahnen auf Grund ihrer technischen Ausführung, wie sie das Jahrbuch in Bahnen ersten und zweiten Ranges, sowie Schmalspurbahnen unterscheidet, so entfallen von den im Jahre 1902 vorhandenen 17 412,1 km Gesamtbaulänge:

8077,3 km auf Bahnen ersten Ranges = 46,39 %
8731,0 - - - zweiten - = 50,16 -
602,0 - - Schmalspurige Bahnen = 3,45 -

Die Baulänge der Eisenbahnlinien ersten Ranges hat gegen früher prozentual einen erheblichen Rückgang aufzuweisen. Noch im Jahre 1891 bestanden 64,78 % des

Digitized by Google

gesamten Eisenbahnnetzes aus Bahnlinien ersten Ranges, Ende 1902 nur noch 46,30 %. Innerhalb des gleichen Zeitraumes stieg der prozentuale Anteil der Bahnen zweiten Grades am Gesamt-Eisenbahnnetz Ungarns von 33,82 % in 1891 auf 50,16 % in 1902 und jener der Schmalspurbahnen von 1,40 auf 3,45 %.

An Eisenbahnstationen, Bahnhöfen und Haltestellen zählte Ungarn 3127; und zwar 2037 Stationen und Bahnhöfe, sowie 1090 Haltestellen. Von diesen entfallen auf die

Staatsbahnen	768	Bahnhöfe und Stationen;	507	Haltestellen,
Privatbahnen im Staatsbetrieb	872	-	-	-	334	-
- - Privatbetrieb	397	-	-	-	249	-

Bezieht man die Zahl der Bahnhöfe, Stationen und Haltestellen auf die Länge vorhandenen Eisenbahngeleises, so ergibt sich, daß von der Bahnlänge durchschnittlich an Kilometern entfallen auf:

	Bahnhof und Station	Bahnhof, Station und Haltestelle
Bei den Staatsbahnen	9,999	6,023
- - Privatbahnen im Staatsbetrieb .	7,751	5,004
- - - - Privatbetrieb .	7,491	4,008
Im Mittel	8,548	5,568

Die Privatbahnen besitzen also durchweg ein erheblich dichteres Netz von Bahnhöfen, Stationen und Haltestellen, als dies bei den reinen Staatsbahnen der Fall ist.

Die Erhaltungs- und Umgestaltungskosten der Eisenbahnanlagen bezifferten sich in Kronen im Jahre 1902 für den

Unterbau	bei sämtlichen Bahnen auf	3 983 178	=	366	pro km	Baulänge,
	- den Staatsbahnen . -	3 361 993	=	439	- -	-
Oberbau	bei sämtlichen Bahnen -	13 471 990	=	897	- -	-
	- den Staatsbahnen . -	10 790 684	=	971	- -	-
Hochbau	- sämtlichen Bahnen -	2 909 642	=	194	- -	-
	- den Staatsbahnen . -	2 320 823	=	209	- -	-

Hierbei ist zu bemerken, daß in den betreffenden Gesamtsummen für alle Bahnen diejenigen Unterhaltungskosten von Lokalbahnen nicht mit inbegriffen sind, welche nur gegen Erstattung der Selbstkosten verwaltet werden.

Das Material, welches bei der Erhaltung bezw. Umgestaltung des Oberbaues im Jahre 1902 verwandt wurde, setzt sich im einzelnen zusammen aus:

109 319 km	breitbasiger Eisenschienen	} im Gewichte von 24 728 t,
597 670 -	- Stahlschienen	}
16 575	imprägnierter Eichenholzschwellen,	
295 633	- Laubholzschwellen,	
569	- Nadelholzschwellen,	
2 138 276	nicht imprägnierter Eichenholzschwellen,	
1 500	- - Laubholzschwellen,	
2 913	- - Nadelholzschwellen,	
total 2 455 466	hölzernen Querschwellen.	

Digitized by Google

An eisernen Querschwellen lagen insgesamt nur 43 Stück und zwar lediglich bei den Staatsbahnen. An Drehscheiben und Schiebebühnen waren 10 vorhanden, sowie an Weichen (Spitzwechsel) waren im ganzen 560 Stück verlegt, von denen 15 ihrem Material nach aus Schmiedeeisen und 545 aus Stahl bestanden. An Bettungsmaterial wurden während des Jahres 1902 insgesamt 585 222 cbm verbraucht. Über die Kosten dieser Erhaltungs- und Umgestaltungsarbeiten des Jahres 1902 gibt die nachstehende Tabelle eine eingehende und klare Übersicht:

Benennung der Bahnanlagen	Erhaltungs- und Umgestaltungskosten für das Jahr 1902 in Kronen					
	bei den Staatsbahnen	bei d. Privatbahnen im Staatsbetrieb	bei d. Privatbahnen im Selbstbetrieb	Zusammen	Von den Privatbahnen bei den Hauptbahnen	Von den Privatbahnen bei den Lokalbahnen
Unterbau.						
Bahnkörper	283 648	5967	115 364	404 979	83 962	37 369
Kunstbauten, Tunnels	1 794 835	30 502	196 882	2 022 219	120 322	107 062
Nebenbauten	1 283 510	14 514	257 956	1 555 980	236 398	36 072
Zusammen	3 361 993	50 983	570 202	3 983 178	440 682	180 503
Oberbau.						
Schienen u. Kleineisenzeug	2 185 187	25 710	362 924	2 573 821	330 627	58 007
Holzschwellen	3 674 938	53 701	888 359	4 616 998	690 709	251 351
Eiserne Schwellen	885	—	21	906	—	21
Wechsel, Drehscheiben usw.	327 454	4 687	149 278	481 419	147 392	6 573
Bettungsmaterial	740 256	6 292	263 252	1 009 800	203 737	65 807
Oberbau-Werkzeuge	164 152	2 223	57 001	223 376	42 291	16 933
Arbeiterlohn	3 697 812	73 215	794 643	4 565 670	581 941	285 917
Zusammen	10 790 684	165 828	2 515 478	13 471 990	1 996 697	684 609
Hochbau.						
Gebäude	1 754 643	17 927	427 700	2 200 270	339 070	106 557
Wasserstationen	176 387	2 565	45 828	224 780	41 774	6 619
Wächterhäuser und Signalhütten	389 793	6 177	88 622	484 592	77 338	17 461
Zusammen	2 320 823	26 669	562 150	2 909 642	458 182	130 637
Insgesamt	16 473 500	243 480	3 647 830	20 364 810	2 895 561	995 749
Pro Kilometer Baulänge	2 145	927	1 227	1 865	2 191	520
„ 1000 Nutzkilometer	319	321	300	316	364	201
„ 1000 Lokomotiv-Kilometer	238	266	235	238	270	175
„ 1000 Wagenachs-Kilometer	7	11	9	7	9	8

Die Zahl der Eisenbahnfahrzeuge hat sich seit dem Jahre 1898 von 64 875 auf 80 367 in 1902 gehoben oder pro Betriebskilometer von 3,97 auf 4,55. Im einzelnen waren Ende des Jahres 1902 an Eisenbahnfahrzeugen vorhanden bei den:

Digitized by Google

	Lokomotiven		Tender		Personenwagen		Güterwagen	
	Anzahl	pro km	Anzahl	pro km	Anzahl	pro km	Anzahl	pro km
Staatsbahnen	2553	0,18	1846	0,13	4925	0,35	58 165	4,09
Privatbahnen im Staatsbetriebe . .	43	0,08	21	0,04	120	0,23	565	1,09
Privatbahnen im Privatbetriebe . .	464	0,15	354	0,12	987	0,33	10 323	3,31
Sämtlichen Bahnen	3060	0,17	2221	0,13	6032	0,34	69 064	3,89

Über die in den Personenwagen vorhandenen Sitzplätze teilt die Statistik mit, daß

16 026 Sitzplätze oder 7,50 % I. Klasse,
54 476 - - 25,53 - II. - und
142 786 - - 66,91 - III. -

vorhanden waren, die Gesamtziffer der vorhandenen Sitzplätze überhaupt sich also auf 213 388 belief.

Von den Güterwagen wiesen die Gepäckwagen eine Tragfähigkeit von insgesamt 8399,20 t = 0,47 t pro km Betriebslänge, die geschlossenen und offenen Güterwagen eine solche von 818 213,99 t = 46,28 t pro km Betriebslänge auf.

Der gesamte Fahrpark verursachte während des Jahres 1902 einen Aufwand an Erhaltungs-, Erneuerungs- und Umgestaltungskosten in Höhe von 18 968 170 Kronen und zwar wurden ausgegeben für:

Lokomotiven und Tender	8 767 255 Kronen	= 0,00	Kronen pro Lokomotivkilometer,
Schneepflüge	40 757 -	= 223	- - Stück,
Personenwagen	3 066 474 -	= 0,45	Heller pro Achskilometer,
Gepäck- und Güterwagen	6 984 372 -	= 0,20	- - -
Postwagen	109 312 -	= 0,18	- - -

Eine detaillierte Übersicht über die Gesamtausgaben der ungarischen Eisenbahnen während des Jahres 1902 gibt die nachstehende Tabelle in Kronen an. Danach wurden verausgabt in Kronen:

	Für Bau und Ausrüstung der Strecke	Für Beschaffung der Fahrzeuge	Als Kursverlust	An sonstigen Ausgaben	Zusammen	Pro Kilometer Bahnlänge
Staatsbahnen . .	1435876510	445576729	367407765	—	2248861004	292834
Privatbahnen im Staatsbetriebe .	475013409	4985757	106851730	1270820	588121716	87017
Privatbahnen im Privatbetriebe .	358035246	62035607	107336384	3486187	530893424	178526
Zusammen	2268925165	512598093	581595879	4757007	3367876244	139422

Ende des Jahres 1902 standen für die königlich ungarischen Staatsbahnen folgende Anleihen und Baudotationen zur Verfügung, deren Gesamtsumme sich auf 2 248 830 000 Kronen belief, von welcher bis Ende des Jahres 1902 ~ 41½ Millionen getilgt wurden.

Digitized by Google

4 prozent. Kronen-Rentenanleihe von 1902 . .	723 260	Tausend	Kronen,
3½ - Eisenbahn-Rentenanleihe von 1897 .	60 000	-	-
4 - - - 1900 .	120 000	-	-
Lotterieanleihe der Theiß-Eisenbahn	29 121	-	-
5 prozent. Prioritäts-Anleihe der ungarisch-galizischen Bahn	24 511	-	-
4 prozent. Prioritäts-Anl. d. Bahn Budapest-Pecs	18 800	-	-
Schuld der Eisenbahn Zagrab-Karolyvaros .	11 428	-	-
Einlösungsrente der österreich-ungarischen Staatsbahn	393 847	-	-
Sonstige Baudotationen	867 863	-	-
Insgesamt	2 248 830	Tausend	Kronen.

Das Investitionskapital der Privatbahnen zeigte Ende 1902 die Höhe von insgesamt 1 220 225 Tausend Kronen.

Von dieser kurzen finanziellen Betrachtung gehe ich nunmehr dazu über, den Verkehr auf den ungarischen Eisenbahnen in kurzen Ausführungen zu besprechen, wobei ich mich nach Möglichkeit auf das Jahr 1902 beschränken werde, um nicht zu viel Zahlenmaterial hier anzuhäufen. — Die nachfolgende Zusammenstellung gibt zunächst eine allgemeine Übersicht über den Zugverkehr auf den Bahnen Ungarns und zwar zusammenfassend für die Staatsbahnen, die Privatbahnen im Staats- und im Selbstbetriebe.

Jahr 1902	Schnell- und Kurierzüge	Personenzüge	Gemischte Züge	Lastzüge	Arbeits- und Material-Züge	Gesamter Zugsverkehr
Anzahl der abgegangenen Züge	31 371	354 620	339 852	671 463	67 333	1 464 639
Anzahl der Züge pro km Betriebslänge . . .	1,8	20,0	19,2	37,8	3,8	82,6
Die von den Zügen durchlaufene Strecke in Tausenden Kilometern .	8 066	22 999	14 557	30 085	1 198	76 905
Die von einem Zug im Mittel durchlaufene Streckenlänge in Kilometern	257	65	43	45	18	53

Im Laufe der letzten Jahre hat die von einem Zuge durchschnittlich durchlaufene Streckenlänge, sowohl bei Schnellzügen, wie auch bei Personenzügen, recht erheblich sich verringert; nur bei den Privatbahnen im Privatbetriebe zeigen die Schnellzüge eine Zunahme der durchlaufenen Kilometerzahl, wie aus der folgenden Übersicht sich erkennen läßt.

Digitized by Google

		Die im Mittel durchlaufene Strecke betrug im Jahre					
		1897	1898	1899	1900	1901	1902
		Kilometer					
bei Schnellzügen	der ungarischen Staatsbahnen	307	298	285	296	297	281
	der Privatbahnen im Staatsbetriebe						
	der Privatbahnen im Privatbetriebe	126	127	125	122	139	146
	sämtlicher Bahnen	265	260	250	255	267	257
bei Personenzügen	der ungarischen Staatsbahnen	107	106	101	100	96	96
	der Privatbahnen im Staatsbetriebe	67	68	68	69	58	56
	der Privatbahnen im Privatbetriebe	44	48	45	31	32	29
	sämtlicher Bahnen	83	84	80	69	68	65

Nächst dem Zugverkehr bleibt dann der Personenverkehr und der Güterverkehr auf den ungarischen Eisenbahnen zu betrachten.

Was den Personenverkehr anbetrifft, so weist derselbe eine recht ansehnliche Zunahme der Gesamtzahl beförderten Zivil- und Militärpersonen auf. Insgesamt wurden nämlich befördert:

im Jahre	1897	56 982	Tausend	Personen,
- -	1898	60 312	-	-
- -	1899	61 581	-	-
- -	1900	64 412	-	-
- -	1901	67 044	-	-
- -	1902	68 608	-	-

Im einzelnen verteilten sich für das Jahr 1902 die beförderten Personen auf

	Gesamtziffer	die I. Klasse		II. Klasse		III. Klasse		Militär	
Staatsbahnen	36 023	543	1,56	6494	18,03	27 956	77,59	1030 Tausend	2,86 %
Privatbahnen im Staatsbetriebe	16 758	116	0,69	2065	12,32	14 046	83,82	531 Tausend	3,17 %
Privatbahnen im Privatbetriebe	15 827	183	1,16	3205	20,25	12 151	76,77	288 Tausend	1,82 %
Sämtliche Bahnen	68 608	842	1,23	11 764	17,15	54 153	78,93	1849 Tausend	2,69 %

Die Gesamtsumme der im Jahre 1902 zurückgelegten Personen-Kilometer erreichte die Höhe von 2 431 188 Tausend Kilometer, welche sich folgendermaßen auf die einzelnen Bahnkategorien verteilten:

Digitized by Google

	Insgesamt	Hiervon in der I. Klasse	II. Klasse	III. Klasse	Militär
	Tausend Kilometer				
auf die Staatsbahnen	1 678 280	62 683	435 973	1 051 195	128 429
Privatbahnen im Staatsbetriebe . .	372 671	3 621	54 759	290 784	23 507
Privatbahnen im Privatbetriebe . .	380 237	7 938	73 331	278 558	20 410
Sämtliche Bahnen	2 431 188	74 242	564 063	1 620 537	172 346

Durchschnittlich hat jeder Reisende die folgende Anzahl Kilometer zurückgelegt:

bei den Staatsbahnen	46,59	115,43	67,13	37,00	124,09
- - Privatbahnen im Staatsbetriebe	22,24	31,22	26,52	20,70	44,27
- - Privatbahnen im Privatbetriebe	24,02	43,38	22,88	22,92	70,87
- sämtlichen Bahnen	35,44	88,17	47,92	29,93	93,21

Die Entwicklung des Güterverkehrs wird durch folgende Ziffern gekennzeichnet. Es betrug die beförderte Gesamtgütermenge in Tausenden Tonnen auf sämtlichen Bahnen Ungarns im Jahre:

1897	35 724	oder pro	km	Betriebslänge	2,347	Tonnen,
1898	38 624	-	-	-	-	2,378	-
1899	39 933	-	-	-	-	2,338	-
1900	42 577	-	-	-	-	2,445	-
1901	43 027	-	-	-	-	2,440	-
1902	44 725	-	-	-	-	2,527	-

Die beförderten Gesamtgütermengen verteilten sich im Jahre 1902 auf die verschiedenen Bahnen und nach der Art der Beförderung in folgender Weise.

Es beförderten	Güter überhaupt Taus. Tonnen	Gepäck	Hiervon entfallen auf Eilgut	Frachtgut	Regiegut
		in Tausenden Tonnen			
die Staatsbahnen	25 116	56	248	19 844	4968
- Privatbahnen im Staatsbetriebe .	8 977	11	61	8 227	678
- Privatbahnen im Privatbetriebe .	10 632	15	72	9 986	559
- sämtlichen Bahnen	44 725	82	381	38 057	6205

Die Gesamtzahl der im Jahre 1902 durchlaufenen Gütertonnenkilometer erreichte 5 413 956 Tausend, die sich in folgender Weise spezifizieren:

Es durchliefen	Gepäck	Eilgut	Frachtgut	Regiegut	Güter überhaupt
bei den Staatsbahnen . .	6973	37 761	3 633 943	665 716	4 344 393 Tausend km,
oder	124,5	152,3	183,1	134,0	173 km pro 1 Tonne.
- - Privatbahnen im Staatsbetriebe .	339	1 999	250 399	19 009	271 746 Tausend km,
oder	30,5	32,8	30,4	28	30,3 km pro 1 Tonne.
- - Privatbahnen im Privatbetriebe .	1057	5 396	742 285	49 079	797 817 Tausend km,
oder	70,5	74,8	74,3	88	75 km pro 1 Tonne.
bei sämtlichen Bahnen .	8369	45 156	4 626 627	733 804	5 413 956 Tausend km,
oder	102,1	118,5	121,0	118,3	121,0 km pro 1 Tonne.

Digitized by Google

Die Einnahmen der ungarischen Eisenbahnen, welche aus dem Personenverkehr des Jahres 1902 erzielt wurden, betragen:

	Total in 1000 Kronen	Pro Person in Kronen	Pro Personen-Kilometer in Hellern
bei den Staatsbahnen	48 174	1,32	2,85
- - Privatbahnen im Staatsbetriebe .	10 595	0,65	2,94
- - Privatbahnen im Privatbetriebe .	9 722	0,02	2,56
bei sämtlichen Bahnen	68 491	1,00	2,82

Hierzu treten an Nebeneinnahmen aus der Beförderung von Gepäck, Pferden und Wagen noch 1 963 000 Kronen, so daß also die Gesamteinnahme bei sämtlichen Bahnen aus dem Personenverkehr 70 454 000 Kronen erreichte.

Für den Güterverkehr gestaltet sich die Berechnung der Einnahmen des Jahres 1902 in folgender Weise. Es wurden vereinnahmt:

	Insgesamt in 1000 Kronen	Pro Kilometer Betriebslänge in Kronen	Pro Tonne in Kronen	Pro Tonnen-Kilometer in Hellern
bei den Staatsbahnen	152 953	19 042	5,94	3,52
- - Privatbahnen im Staatsbetriebe .	17 889	2 677	2,16	6,91
- - Privatbahnen im Privatbetriebe .	31 064	10 359	2,93	3,80
bei sämtlichen Bahnen	201 906	11 399	4,52	3,73

Die Betriebsausgaben der ungarischen Eisenbahnen für das Jahr 1902 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Bezeichnung der Eisenbahn	Allgemeine Verwaltung	Bahnaufsicht und Bahnerhaltung	Verkehrs- und kommerzieller Dienst	Zugförderungs- u. Werkstätten-Dienst	Material- und Inventar-Verwaltung	Zusammen	Pro Kilometer Betriebslänge in Kronen	Pro Nutz-Kilometer in Kronen
	in Tausenden Kronen							
Staatsbahnen	5032	27 256	44 114	37 661	2 693	116 756	14 533	2,21
Privatbahnen im Staatsbetriebe	22	248	414	191	17	14 941	2 236	1,07
Privatbahnen im Privatbetriebe	1615	5 741	8 072	8 459	49	23 936	7 917	2,11
Sämtliche Bahnen . .	6669	33 245	52 600	46 311	2 759	155 633	8 773	1,99
In Prozenten der gesamten Betriebsausgaben:								
Staatsbahnen	4,31	23,34	37,78	32,26	2,31	100		
Privatbahnen im Staatsbetriebe	2,47	27,80	46,41	21,41	1,91	100		
Privatbahnen im Privatbetriebe	6,75	23,99	33,72	35,34	0,20	100		
Sämtliche Bahnen . .	4,71	23,48	37,15	32,71	1,95	100		

Digitized by Google

Unter Berücksichtigung der Einnahmen aus dem Personenverkehr und dem Güterverkehr ergibt sich durch Gegenüberstellung der Gesamtbetriebsausgaben der Betriebsüberschuß, aus dem dann nach Abzug bestimmter Summen für Tilgung usw. der Nettoüberschuß resultiert. Für das Jahr 1902 stellt sich bei den ungarischen Eisenbahnen diese Gesamtabrechnung in folgender Tabelle dar:

1902	Einnahmen	Betriebs-Ausgaben	Überschuß	Nettoüberschuß
	in Tausend Kronen			
Königlich ungarische Staatsbahnen .	207 624	116 756	90 868	81 198
Privatbahnen im Staatsbetriebe . .	31 883	14 911	16 942	14 515
Privatbahnen im Privatbetriebe . .	44 007	23 936	20 071	11 167
Sämtliche Eisenbahnen	283 514	155 633	127 881	106 880

Über das bei den ungarischen Eisenbahnen während des Jahres 1902 angestellte Eisenbahnpersonal bringt das Statistische Jahrbuch folgende Mitteilungen. Es waren angestellt:

	Beamte	Unterbeamte	Frauen	Diener	Arbeiter	Total
Bei d. ungarischen Staatsbahnen und in deren Betrieb befindlichen Privatbahnen	6 674	11 304	411	22 874	35 473	76 736
bei den Privatbahnen im Selbstbetrieb	1 171	1 724	83	3 488	7 716	14 182
bei sämtlichen Eisenbahnen	7 845	13 028	494	26 362	43 189	90 918
In Prozenten ausgedrückt:	8,70	14,73	0,54	29,81	46,22	100
	8,26	12,16	0,59	24,58	54,41	100
	8,63	14,33	0,54	28,99	47,51	100

An Gehältern, Tagegeldern und sonstigen Dotationen für das Personal der Bahnbediensteten wurden im Laufe des Jahres 1902 verausgabt:

	In Kronen					
Bei den Staats- und verwalteten Privatbahnen .	18381566	18979952	335360	21489248	24646681	83832807
bei den Privatbahnen im Selbstbetrieb	3778397	2716152	79551	3868295	4916926	15359321
bei sämtlichen Bahnen .	22159963	21696104	414911	25357543	20563607	99192128

Digitized by Google

Schließlich sei noch eine kurze Übersicht der im Betriebe der ungarischen Eisenbahnen im Jahre 1902 vorgekommenen Unglücksfälle hier angeführt.

Es erhielten	Tötliche Verletzung	Sonstige Verletzung	Zusammen
Reisende	11	40	51
Eisenbahnangestellte . .	66	134	200
Fremde Personen . . .	95	102	197

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

SITZUNGSBERICHTE

des Vereins

zur

Beförderung des Gewerbfleißes.

1904.

In 10 Lieferungen mit 1 phototypischen Tafel und 92 in den Text gedruckten Abbildungen.

Redakteur: **Prof. Dr. W. Wedding.**

Berlin.

Verlag von Leonhard Simion Nf.

1904.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Bemerkung. Die Nachrichten über Vereinsangelegenheiten, soweit sie nicht unter I. der Verhandlungen mitgeteilt sind, ferner die Verzeichnisse der eingegangenen Schriften, die Angabe der angemeldeten und aufgenommenen Mitglieder, die kleineren Berichte des Technischen Ausschusses, der Abteilungen usw. finden sich am Anfange der einzelnen Sitzungsberichte.

Jahresbericht für 1903 erstattet vom Redakteur Prof. Dr. W. Wedding 52

Rede Sr. Exzellenz des Herrn Handelsminister Möller bei der Feier des Stiftungsfestes am 18. Januar 1904 65

Verzeichnis der im Jahre 1904 gehaltenen Vorträge.

Die Verwendung schmiedeiserner geschweißter Rohre für Wasserleitungs- und Kanalisationszwecke städtischer Verwaltungen. Generaldirektor Baurat Janke-Kattowitz O.-S. 4

Über Vorrichtungen zum ungestörten Fernsprechen. Ingenieur P. M. Grempe-Berlin. Mit 4 Textfiguren 60

Die künstlichen Seiden. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Otto N. Witt 71

Die technische Nutzbarmachung der Rückstände aus Abwässern, eine neue Einnahmequelle für Stadt- und Landgemeinden. Hütteningenieur Ernst A. Schott 86

Vorführung elektrischer Widerstandsöfen nach dem Kryptolsystem. Dr. A. Voelker 102

Der heutige Stand der Dampfturbinenfrage. Marinebaumeister Granert. Mit 32 Textfiguren . . . 111

Moderne Dampfmaschinen. Zivilingenieur Lichtensteiner-Berlin. Mit 20 Textfiguren 153

Über Moorkultur und Torfverwertung. Chemiker Dr. Frank-Charlottenburg. Mit 1 Textfigur . . . 171

Über Eisenbahnwagen-Kuppelungen. Reg.-Baumeister Sauer-Cassel. Mit 18 Textfiguren 199

Führung und Erläuterung der ständigen Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt. Geh. Reg.-Rat Prof. K. Hartmann 230

Über die Berücksichtigung des Einflusses der Temperatur bei den Messungen in der Technik des Maschinenbaues. Dr. A. Leman 245

Die Entstehung der Steinkohle. Professor Dr. Potonié, Landesgeologe 260

Zur Kenntnis der Förder- und Lagermittel für Sammelkörper. Prof. Buhle-Dresden. Mit 17 Textfiguren und 1 Tafel 272

Digitized by Google

Bericht über die Sitzung vom 4. Januar 1904.

Vorsitzender: Unterstaatssekretär Fleck.

Sitzungsbericht:

Die Niederschrift der Sitzung vom 7. Dezember 1903 wird genehmigt.

Aufgenommene Mitglieder:

Herr Rentier Simon Lipmann, Berlin; Herr Regierungsbaumeister a. D. Ernst Lipmann, Berlin; Herr Geheimer Regierungsrat Wilhelmi, Abteilungsvorsitzender im Kaiserlichen Patentamt, Berlin; und der Deutsche Betonverein in Biebrich a. Rh.

Angemeldete Mitglieder:

Herr B. Dernburg, Direktor der Bank für Handel und Industrie, Berlin W.; Herr Dr. Krug, Assistent an der Königlichen Bergakademie, Berlin; Herr Dr. Fritz Wüst, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.

Vorgelegt ist von der Rechnungskommission der **Etat** des Vereins für das nächste Jahr. Er ist geprüft und schließt in Einnahme und Ausgabe mit 39 603 ℳ ab In seinen einzelnen Positionen gestaltet er sich folgendermaßen:

Etat für das Jahr 1904.

Ausgabe.

Titel I a.	Verwaltung.		
	1. Verwaltungsbeamter	ℳ	1 700
	2. Vereinsdiener	-	600
	3. Bücherwart	-	200
	4. Remuneration für den Beamten des Rendanten für Buch- und Kassenführung	-	300
	5. Verschiedene Verwaltungs-Ausgaben, z. B. Porto, Fracht, Depotgebühren	-	360
		ℳ	3 160

Digitized by Google

	Transport	ℳ	3 160
Titel Ib.	Kosten der Sitzungen.		
	6. Miete der Vereinsräume im Hofmann-Hause	ℳ	400
	Remunerierung des Personals im Hofmann-Hause	-	40
	Für Reinigung der Bureauräume in Charlottenburg	-	20
	7. Zur Deckung der Auslagen an die 4 Abteilungsschriftführer .	-	900
	8. Für Stenographie und unvorhergesehene Ausgaben, z. B. Miete für Apparate	-	1 000
	9. Druckkosten, Einladungen zu den Sitzungen	-	225
	10. Allgemeines, Abonnement für Zeitschriften	-	60
	Summa Titel I	ℳ	5 805
Titel IIa.	Kosten der Verhandlungen und Sitzungsberichte.		
	1. An die Verlagsbuchhandlung L. Simion Nf. für Herstellung der Verhandlungen und Sitzungsberichte	ℳ	13 625
	Derselben Erstattung des halben Portos für die Versendung der Verhandlungen	-	810
	2. Dem Redakteur Gehalt	-	1 200
	3. Demselben für Schreibhilfe	-	300
	4. Honorar	-	3 900
Titel IIb.	Für goldene und silberne Denkmünzen, sowie zur Förderung wissenschaftlich-technischer Zwecke	-	963
Titel III.	Für gelöste Preisausschreiben und Honoraraufgaben, sowie zur Durchführung größerer Versuche.		
	1. Für gelöste Preisausschreiben . . . . . ℳ 6 000		
	2. Zu Versuchen mit Eisenlegierungen . . . . . - 7 000	-	13 000
	Summa der Ausgabe	ℳ	39 603

Einnahme.

1. Beiträge von 1250 Mitgliedern à 20 ℳ	ℳ	25 000
2. Zinsen von 45 800 ℳ Konsols zu 3½ %	-	1 603
3. Zuschufs aus Staatsfonds (Titel III der Ausgabe) .	-	13 000
	ℳ	39 603

Abschlufs.

Einnahme	ℳ 39 603
Ausgabe	- 39 603

Von Herrn Geh. Reg.-Rat W. Wedding ist die Niederschrift über die am 3. Dezember 1903 abgehaltene 21. ordentliche Sitzung des für die Bezirke der Königlichen Eisenbahndirektionen Berlin und Stettin eingesetzten Bezirkseisenbahnrats an uns gelangt. Eine Bemerkung dazu ist nicht zu machen.

Es ist eine Einladung der Königlichen Generaldirektion der Museen zu den Vorträgen eingegangen, die in dem Kunstgewerbemuseum in dem jetzt begonnenen Quartal abgehalten werden und zwar über „die Tracht der Kulturvölker Europas vom Altertum bis zur Gegenwart“ vom Direktorialassistenten Dr. Heinrich Döge, Montags

Digitized by Google

8 Vorträge, Beginn am 11. Januar; sodann über „Malerische Dekoration vom Mittelalter zur Neuzeit“ von Dr. Oskar Fischel, Dienstags, Beginn den 12. Januar, und über die „Geschichte der Sitz- und Lagermöbel“ (für Fachkreise) von Professor Dr. Alfred Gotthold Meyer, Donnerstags, beginnend mit dem 14. Januar. Die Vorträge finden sämtlich Abends von $8^1/_2$ bis $9^1/_2$ Uhr statt.

Sodann ist die Mitteilung von dem Verein deutscher Fabriken feuerfester Produkte aus Freienwalde a. d. Oder vom 31. Dezember 1903 eingegangen, dafs am Dienstag, den 23. Februar 1904 die Hauptversammlung des Vereins im Architektenhause Morgens 10 Uhr stattfinden wird.

Vorgelegt ist vom Technischen Ausschufs der Jahresbericht des Gewerbevereins zu Erfurt von 1902/1903.

Wir kommen zu den **Wahlen** der Mitglieder der Abteilung für das Kassen- und Rechnungswesen, der Schriftführer der Abteilungen, der Mitglieder des Technischen Ausschusses.

Es sind gewählt in die Abteilung für das Kassen- und Rechnungswesen die Herren Stephan, O. Rentier, Vorsteher, Frank, A., Dr., Chemiker, Hausmann, W., Justizrat, Kraemer, G., Dr. Professor.

Zu Schriftführern der Abteilungen sind gewählt die Herren v. Knorre, Dr., Professor, für die Abteilung für Chemie und Physik; Stercken, Regierungsrat, für die Abteilung für Mathematik und Mechanik; Hertzer, Dr., Professor, Geheimer Regierungsrat, für die Abteilung für Kunst und Kunstgewerbe; Fischer, Regierungsrat, für die Abteilung für Manufaktur und Handel.

In den Technischen Ausschufs sind gewählt:

I. Abteilung für Chemie und Physik.

Hiesige Mitglieder.

Behrend, M., Kommerzienrat.
Bork, Geheimer Baurat.
Börnstein, E., Dr., Chemiker.
Friedlaender, Immanuel.
Heinecke, Dr., Geheimer Regierungsrat.
Jeserich, Dr., Chemiker.
Leman, Dr., Professor.
Nolte, J., General-Direktor.
Pufahl, Dr., Professor.
Sarnow, Dr.
Sprenger, Dr., Geheimer Regierungsrat.

Auswärtige Mitglieder.

Bunte, Dr., Geh. Hofrat, Professor in Karlsruhe.
Pick, Dr., Direktor der k. k. chem. Ammoniak-Sodafabrik in Szczakowa in Galizien.
Precht, H., Dr., Direktor in Neu-Staßfurt.
Selve, Geheimer Kommerzienrat in Altena in Westfalen.
Stroof, J., Dr. in Frankfurt a. M.
Winkler, Clemens, Professor, Dr., Geheimer Bergrat in Dresden-A.

II. Abteilung für Mathematik und Mechanik.

Hiesige Mitglieder.

Blanckertz, Fabrikbesitzer.
Büsing, Baurat.
Fehlert, Civil-Ingenieur.
Fischer, Regierungsrat.
Gary, M., Ingenieur, Professor.
Hartmann, W., Professor.
Holz, Generaldirektor a. D. und Ingenieur.
Schimming, G., Gasanstalts-Direktor.
Schwartzkopff, R., Fabrikbesitzer.

Auswärtiges Mitglied.

Beckmann, Fabrikbesitzer in Solingen.

Digitized by Google

III. Abteilung für Kunst und Kunstgewerbe.

Hiesige Mitglieder.

Bertram, Dr., Geh. Regierungsrat u. Professor.
Sy, A., Hof-Goldschmied.
Wilm, P., Hof-Juwelier.

IV. Abteilung für Manufaktur und Handel.

Hiesige Mitglieder.

Alexander-Katz, Dr., Rechtsanwalt.
Delbrück, E., Geheimer Regierungsrat.
Fischer, Regierungsrat.
Hausmann, W., Justizrat.
Henniger, M., Fabrikbesitzer.
Ide, H., Königl. Hoflieferant.
Katz, Edwin, Dr., Rechtsanwalt.
Pintsch, J., Kommerzienrat.
Schomburg, H., Fabrikbesitzer.
Vensky, Ad., Fabrikbesitzer.

Neugewählt sind:

Hiesige Mitglieder.

Busley, C., Geh. Regierungsrat, Prof.
Elkan, Th., Dr., Chemiker und Fabrikbesitzer.
Genest, W., Generaldirektor.
Gentsch, Kais. Regierungsrat und Mitglied des Patentamtes.
Haufs, Wirkl. Geh. Ober-Regierungsrat und Präsident des Kais. Patentamtes.
Jäger, Geh. Ober-Regierungsrat und vortrag. Rat im Handelsministerium.
Landau, S., Inhaber der Firma L. Simion Nachf.
Neuberg, Ernst, Ingenieur.
von Velsen, Oberberghauptmann und Ministerialdirektor.

Auswärtiges Mitglied.

Fürst, Dr., Berghauptmann in Halle a. S.

Wir haben sodann nach meiner Ankündigung in der vorigen Sitzung die **Wahl** eines Mitgliedes zum Vorstandsrat des Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München vorzunehmen. Der Technische Ausschufs schlägt vor, Herrn Geheimen Regierungsrat Professor Dr. Hartmann, Senatsvorsitzenden im Reichsversicherungsamt, hierzu zu berufen. — Wenn kein anderer Vorschlag erfolgt, dann darf ich annehmen, dafs die Versammlung dem beitritt.

Technische Tagesordnung.

Die Verwendung schmiedeiserner geschweifster Rohre für Wasserleitungs- und Kanalisationszwecke städtischer Verwaltungen.

Herr Generaldirektor Baurat Janke in Kattowitz O.-S.: Hochangesehene Gesellschaft! Die Aufforderung, hier einen Vortrag halten zu dürfen, welche mir durch meinen hochverehrten einstigen Lehrer in der Hüttenkunde, den Kgl. Geheimen Bergrat Herrn Wedding zu Teil wurde, hat mich sehr geehrt. Ich komme dieser Aufforderung mit um so freudigerem Herzen nach, als ich durch das gewählte Thema meines Vortrages und die daran sich anreihende Diskussion Gelegenheit zu bieten und zu finden hoffe, zur Klärung bestehender Anschauungen beitragen zu können.

Einem Teil der hochangesehenen versammelten Gesellschaft ist es bekannt, dafs ich seit einer langen Reihe von Jahren eine führende Stellung auf dem Industriegebiete der geschweißten Rohre einnehme, dafs ich mehrere solcher Röhrenwerke persönlich gebaut habe und dafs ich noch gegenwärtig als Großaktionär und Aufsichtsratsmitglied mit Ferrum zu Kattowitz-Zawodzie, Oberschlesien, auf das engste geschäftlich und finanziell verknüpft bin. Ich bitte Sie daher, meine hochgeehrten Herren, meinen

Digitized by Google

Vortrag nicht mit dem Hintergedanken aufnehmen zu wollen, dafs ich mit ihm einseitige Tendenzen der persönlich interessierten Geschäftsreklame machen will. Diese Bitte ist meinerseits nicht unberechtigt. Ich weiß es und habe es erfahren müssen, dafs meine Herren Fachkollegen vom Gufsrohrfache meine seit Jahren fortgesetzten Deduktionen über die Verwendbarkeit schmiedeiserner Rohre dahin aufgefafst haben, als ob ich ihnen das Feld der Arbeit nehmen wollte. Ich habe mich auch stets auf den Boden der Auffassung persönlich gestellt, dafs diese Alteration im — gestatten Sie mir den Ausdruck — „feindlichen" Lager nicht unbegreiflich ist; denn in unserer Eisenhüttenindustrie, welche sich auf die Fabrikation von Gufsrohren verlegt, werden jährlich im Deutschen Reiche große Summen von Kapitalien umgesetzt und ebenso große Mengen von Rohr- und Gufseisen verarbeitet. Es ist mir bewufst, dafs, wenn hier plötzlich eine Verschiebung der Verbrauchsstätten von Rohren zu Gunsten der geschweißten schmiedeisernen Rohre stattfinden sollte, dies nach der anderen Richtung ganz schwerwiegende finanzielle Wirkungen zur Folge haben müfste. Darum aber darf man sich doch nicht den Fortschritten der Technik im Lager der Fabrikanten für Rohre aus Schmiedeisen verschließen. Es darf meiner Ansicht nach keiner der beiden die Erkenntnis verlangen, dafs seine Produkte **für alle Fälle** den anderen überlegen sind, sondern es mufs und zwar auf beiden Seiten die ruhige sachliche Beurteilung angestrebt werden, dafs in dem einen Falle das geschweißte schmiedeiserne, im anderen Falle dagegen das gufseiserne Rohr für vorliegende Verwendungszwecke vorzuziehen ist, und ich würde mich glücklich schätzen, wenn die am Gegenstande des Vortrages interessierten und anwesenden Herrn Fachkollegen beider Läger mit der Ansicht den Saal verlassen würden: „Raum für alle hat die Erde" sowohl für geschweißte, schmiedeiserne, als gufseiserne Rohre, wenn sich beide feindliche Parteien zu gemeinsamer kommerzieller Arbeit die Hände reichen wollten.

Von dem Gesichtspunkt ausgehend, dafs beide Rohrarten in ihren Eigenschaften sehr verschiedener Natur sind, wird es das Endbestreben meines Vortrages sein, klar zu legen, für welche bestimmten Zwecke das schmiedeiserne und für welche das gufseiserne Rohr meiner Ansicht nach vorzuziehen sein dürfte. Zu diesem Zwecke dürfte eine kurze Gegenüberstellung der auseinandergehenden Eigenschaften beider Rohrarten von Notwendigkeit sein.

Schmied- oder Flufseisenrohre.	Gufseisenrohre.
1. Zähes Material von mindestens 22 % Dehnung, daher bruchsicher.	1. Hartes, sprödes Material ohne Dehnung, daher leicht brüchig.
2. Material von größerer absoluter Festigkeit, daher größere Widerstandsfähigkeit gegen Innendruck.	2. Material von geringer absoluter Festigkeit, daher gegen Innedruck wenig widerstandsfähig.
3. Größere Länge der Rohre, bis zu 46 m Einzellänge und bis zu 3 m Durchmesser; demnach	3. Länge der Einzelrohre nur 4, höchstens 5 m ausführbar, Durchmesser beschränkt; demnach

Digitized by Google

4. Ersparnis an Flanschen- bezw. Muffenverbindungen.	4. Größere Anzahl von Flanschen- bezw. Muffenverbindungen.
5. Anwendung vollkommen zuverlässiger Flanschenverbindungen vielseitigster Konstruktionen.	5. Verbindung der Rohre nur auf eine feste und unelastische Flanschenverbindung beschränkt.
6. Rohrstränge werden mit steigendem Durchmesser billiger als Gufsrohre.	6. Gufsrohre mit steigendem Durchmesser teurer als geschweißte Rohre.
7. Weniger Flanschen- bezw. Muffenverbindungen und geringes Gewicht, daher Montage billiger.	7. Mehr Flanschen- bezw. Muffenverbindungen, daher Montage teurer.
8. Betriebsstörungen infolge Rohrbruchs fast ausgeschlossen, weil Material sehr zähe, daher auch keine Schädigungen an Häusern, Straßen usw. durch Überschwemmungen.	8. Häufige Betriebsstörungen infolge von Rohrbrüchen, weil Material spröde, daher vielfach Schädigungen an Häusern, Straßen usw. durch Überschwemmungen.
9. Betriebskosten geringer, da weniger Leckagen und Rohrbrüche fast ausgeschlossen.	9. Betriebskosten größer, da Leckagen und Rohrbrüche häufiger.
10. Da weniger Leckagen und Rohrbrüche, ist die Gefahr der Verunreinigung der Rohrleitung und des Trinkwassers nahezu ausgeschlossen.	10. Da mehr Leckagen und Rohrbrüche, ist die Gefahr der Verunreinigung der Rohrleitung und des Trinkwassers viel größer.

Die vorstehend in gedrängter Kürze aufgeführten Eigenschaften nahtlos geschweißter schmiedeiserner Rohre größeren Durchmessers mögen noch einige Ausführungen finden.

Es ist keine Aussicht vorhanden, dafs es jemals gelingen wird, durch irgend ein Verfahren den gufseisernen Rohren die Sprödigkeit des Materials zu nehmen, auf welche ihre geringe Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen oder Stöße zurückzuführen ist, die besonders dann leicht Rohrbrüche veranlassen, wenn die Rohrleitung unter Innen- oder Außendruck bei ungenügender Auflage oder Unterstützung gewisser Strecken steht. Diese Neigung der Gufsrohre zu Brüchen infolge Sprödigkeit des Materials wird noch dadurch gesteigert, dafs in allen solchen Rohren (von Gufsfehlern, die sich äußerlich nicht entdecken lassen, ganz abgesehen) mehr oder minder starke Spannungen im Material selber bestehen, die sich nachträglich nicht konstatieren und nicht mehr beseitigen lassen.

Die mangelnde Bruchsicherheit ist ein tatsächlicher Übelstand der gufseisernen Wasserleitungsrohre, von dessen verhängnisvoller Tragweite der sich überzeugt hat, dem sich Gelegenheit bot, die keineswegs etwa sehr seltenen Überschwemmungen zu sehen, welche dem Bruch eines Hauptrohres der Wasserleitung in Großstädten folgten! Man sollte meinen, dafs ein solcher Unfall allein schon Grund genug sei, den Ersatz der gufseisernen Rohre durch solche Rohre, die eine zuverlässigere Bruchsicherheit besitzen, als eine zwingende Notwendigkeit zu betrachten. Wenn man, statt diesen

Digitized by Google

Weg einzuschlagen, den Gufsrohren eine größere Wandstärke gab, so erreichte man damit wohl eine Abschwächung des Übelstandes, aber selbstverständlich niemals eine Beseitigung desselben. Dagegen hat man auf diese Weise den Preis der Gufsrohre in die Höhe geschraubt und durch die Steigerung des Gewichtes die Montage der Rohrleitungen erschwert.

Man war sich in Fachkreisen im Grunde genommen darüber auch nicht unbewufst, dafs man Gufsrohre überall dort nicht verwenden darf, wo ganz besondere Zuverlässigkeit für Dichtigkeit der Rohrstränge, wie z. B. bei Strombett-Durchführungen (Düker), Turbinen-, Hochdruckwasserleitungen, Gestänge-Rohrleitungen in Bergwerken, Rohrleitungen für hochgespannten Wasserdampf, Wasser- oder Gasleitungen über schwankende Brücken usw. verlangt werden mufste. An solchen Stellen wurden schon immer schmiedeiserne und zwar früher genietete Rohre aus Kesselblech bevorzugt, die indessen im Wettbewerb mit den geschweißten schmiedeisernen Rohren neuerdings zurückstehen müssen, denn durch die Nietnaht verliert das Rohr 30 % an innerer Druckfestigkeit, während geschweißte Rohre bei gleicher Zerreißfestigkeit des Blechmaterials höchstens 5 % einbüßen, weil eine Rohrnietnaht — falls hierfür nicht eine sehr teure Kesselschmiede-Nietung verlangt wird — durchschnittlich nur mit 70, mit Wassergas maschinell geschweißte Nähte dagegen mit mindestens 95 % der Festigkeit der verwendeten Bleche garantiert werden. Geschweißte Rohre gedachter Art können daher gegen inneren Druck bei gleicher Wandstärke 25 % mehr leisten, als genietete Rohre, oder bei gleicher Leistungsfähigkeit um 25 % leichter und entsprechend billiger sein.

Die geschweißten Rohre haben vor den genieteten auch noch den Vorzug einer durchweg glatten Innenfläche. Man hat zwar zur Beseitigung des nicht unwesentlichen Reibungswiderstandes, den das durchfließende Wasser an den vorstehenden Nietköpfen findet, diese versenkt und damit eine glattere Innenfläche gewonnen, dadurch aber die dem Rost leichter zugänglichen Flächen vergrößert; denn es ist schwer erreichbar, bei den Nietlöchern ein Rostschutzmittel anzuwenden, bevor eine Rostbildung sich einleiten konnte. Nahtlose geschweißte Rohre sind von diesem Übelstande natürlich frei, und werde ich diese, gerade für Wasserleitungsrohre hochwichtige Frage des Rostschutzes im Nachstehenden näher behandeln.

Bei mindestens 22 % Dehnbarkeit der verwendeten Bleche, aus denen geschweißte Rohre hergestellt sind, können die Rohrleitungen durch äußere Anlässe wohl verbogen, aber kaum zerbrochen werden. Diese, die Widerstandsfähigkeit begünstigende Eigenschaft gestattet für geschweißte Rohre großen Durchmessers einen Vorteil, welcher der Montage zu Gute kommt. Ich bin bereit, jedem Fachmanne, der sich dafür interessiert, auf diesbezügliche Anfragen bei mir durch die Vorlage amtlicher Prüfungsresultate mittels Wort, Zahl und Bild die ans Erstaunliche grenzende hohe Elastizität, Zuverläfsigkeit und Biegefestigkeit geschweißter Rohre vor Augen zu führen.

Nicht unerwähnt darf es auch bleiben, dafs diese Rohre nach den Nahtschweißen und vor dem maschinellen Runden, Richten und Kalibrieren in besonderen großen Gasglühöfen ausgeglüht und dadurch alle in denselben etwa vorhandenen inneren

Spannungen unbedingt beseitigt werden, welche die Sicherheit der erwähnten Biegungs- und Bruchfestigkeit beeinträchtigen könnten.

Wenn auch kurze Leitungskurven im Einzelnen dazu zwingen mögen, in der Länge der geschweißten Rohre nicht über 4 bis 6 m hinauszugehen, so wird man beim Verlegen von Rohrleitungen auf großen geraden Strecken sich den Vorteil nicht entgehen lassen, den längere Rohre, sowohl durch Arbeitsersparnis beim Verlegen, als durch verminderte Zahl der Rohrverbindungen bieten; denn die Verbindungsstellen werden in einer Rohrleitung immer relative Schwächen, mindestens kritische Stellen derselben bleiben. Berücksichtigt man ferner, dafs die Rohrverbindungen, gleichviel ob sie dem Muffen- oder Flanschen-System angehören, die Montage der Leitung verteuern, so springt der den Gufsrohren unerreichbare Vorteil der bis zu 46 m langen geschweißten Rohre recht überzeugend in die Augen, zumal diesen Rohren keine Grenze im Durchmesser gesetzt ist, der in der Praxis wohl kaum über 3 m hinausgehen dürfte.

Überhaupt kann es, wenn man von allen Einzelheiten und Vorgängen einmal ganz absehen und die Sache nur generell betrachten will, keinem Techniker Zweifel darüber aufkommen lassen, dafs schmiedeiserne Rohre infolge der hohen Zähigkeit und Schmiedbarkeit ihres Materials zu einem so hohen Grade von Sicherheit gegen Bruch und zu einer solchen Dichtigkeit der Verbindungskonstruktionen gebracht werden können, wie es gleichermaßen das spröde und nicht schmiedbare Gufseisen zu erlangen überhaupt nicht im Stande ist, und dafs sonach die Betriebsführung eines Wasserwerkes, das mit schmiedeisernen Rohren ausgestattet ist, mit geringeren Betriebskosten arbeiten mufs als ein anderes Wasserwerk, das mit nicht so sicheren gufseisernen Rohrsträngen ausgerüstet ist.

Hierbei dürfen wir auch den Umstand nicht außer Acht lassen, dafs jedem Bruch eines einzelnen gufseisernen Rohres naturgemäß eine Verunreinigung des Rohrstranges durch das umliegende Erdreich folgen mufs, was zu um so verhängnisvolleren Folgen führen kann, wenn der betreffende Rohrstrang ein Trinkwasser-Zuleitungs-Strang ist; denn es ist öfter vorgekommen und genügend bekannt, dafs infolge der Undichtigkeit oder des Bruches von Trinkwasser-Zuleitungs-Rohren schwere Typhus- und andere Epidemien in Städten entstanden sind. Dank des Standes der heutigen bakteriologischen Forschungen ist man allerwegen peinlich sorgfältig bemüht, entweder von weither naturreines, bakterienfreies, oder aber durch große Filteranlagen gereinigtes Trinkwasser den Städten zuzuführen. Diese hohen Kosten, welche durch die Schaffung solcher Wasserwerke entstanden sind, machen es aber konsequenterweise zur unerläfslichen Bedingung, dafs das Trinkwasser von der Schöpf- oder Filterstelle nun auch ebenso rein zu den Gebrauchsstellen geleitet wird. Die Frage der Verwendung der viel bruchsichereren und in den Verbindungsstellen viel dichteren geschweißten schmiedeisernen Trinkwasser-Zuleitungs-Rohrstränge ist somit als keine rein finanzielle oder betriebstechnische, sondern auch und zwar in erster Linie als eine von sanitären Motiven aus diktierte aufzufassen. Mufs man letzteres zugestehen, so spielt der Kostenaufwand für die Verwendung schmiedeiserner Trinkwasser-Zuleitungs-Rohre nur noch eine nebensächliche Rolle; denn die früheren Trinkwasser-Senkbrunnen in den Höfen

der Häuser waren auch für die Hausbesitzer oder Steuerzahler der Städte unvergleichlich billiger, als die heutigen Wasserwerke. Außerdem werden wir aber im Verlauf der nachfolgenden Erörterungen sehen, dafs sich schmiedeiserne Rohrstränge heute gar nicht einmal mehr teuerer, sogar unter Umständen noch billiger in Neuanlage und Betrieb gestalten, als gufseiserne.

Bei der vorhin gemachten Erwägung der Betriebskosten eines Wasserwerkes müssen die laufenden Unterhaltungskosten, letzten Endes auch die Dauerhaftigkeit von Gufs- und Schmiedeisen in Betracht gezogen werden. Hier begegnet man sehr vielfach der Meinung, dafs Schmiedeisen durch Rost unbedingt schneller verzehrt wird, als Gufseisen, und man vertritt die Ansicht, dafs demzufolge auch schmiedeiserne Rohre unbedingt schneller verzehrt sein müssen, als gufseiserne. Dem mufs ich widersprechen.

> Jedes Eisen, gleichgültig, wie es sich nennt: ob Gufseisen, Schmiedeisen, Siemens-Martin-Flufseisen, Thomasstahl, Gufsstahl, Werkzeugstahl, Tempergufseisen, schmiedbarer Eisenguſs usw. rostet, d. h. wird unter Einwirkung atmosphärischen Sauerstoffes oder flüfsiger Säuren zersetzt.

Wir wissen ferner, dafs die Schnelligkeit, mit der eine bestimmte Eisenmenge sich durch Rosten zersetzt, abhängt von seiner chemischen Zusammensetzung und seinem spezifischen Gewicht, der Dichtigkeit seines Gefüges.

In welchem bestimmten Verhältnis aber die jedem Eisen üblichen Beimengungen an Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Silicium, Mangan zu einander quantitativ sich verhalten müssen, um dem Eisen die größte Widerstandsfähigkeit gegen Rosten und zwar unbeschadet seiner sonstigen von ihm verlangten Eigenschaften, als: Festigkeit, Dehnung usw. zu sichern, wissen wir zur Stunde noch nicht. (Cfr. Stahl und Eisen, August-Heft 1896. Verrostungsversuche, Fried. Krupp-Otto.)

Das eine aber wissen wir genau, dafs die Schnelligkeit des Verrostungs- oder Zersetzungsprozesses abnimmt mit der Zunahme der Dichtigkeit des Gefüges; denn es unterliegt keinem Zweifel, dafs z. B. je 1 kg Eisen in gepulvertem Zustande oder in durchlöcherter, schwammartiger Form um ein Vielfaches schneller durch Rost zersetzt wird, als 1 kg Eisen in massiver Würfelform, weil in den beiden ersteren Fällen die den zersetzenden Säurewirkungen ausgesetzten Eisenoberflächen unvergleichlich viel größer sind, als in dem letztangeführten Falle.

Wir wissen ferner, dafs Gufseisen ein Gewicht von 7250, gewalztes oder geschmiedetes Flufseisen aber ein solches von 7850 kg pro cbm, sonach letzteres ein sehr viel dichteres Gefüge als ersteres besitzt und es ist daher die Möglichkeit ausgeschlossen, dafs 1 cbm des lockeren Gufseisens langsamer zersetzt sein kann, als 1 cbm des sehr viel dichteren Flufseisens, wenn die äußeren Abmessungen der Vergleichsstücke sowie die Schärfe der zersetzenden Säure in beiden Fällen ganz gleich sind.

Diese wenigen Auseinandersetzungen mögen genügen, um meine Anschauung zu unterstützen, dafs die Gewähr für die Dauer der gewerblichen Verwendbarkeit **aller** Eisensorten ohne Ausnahme lediglich auf der Zuverlässigkeit der Mittel beruht, welche man zur Verhütung ihrer zu schnellen

Digitized by Google

Verrostung oder chemischen Zersetzung anwendet, resp. anzuwenden in der Lage ist, indem man die eisernen Gegenstände entweder vergoldet, versilbert, vernickelt, verzinkt usw. oder aber durch häufiges Putzen und Einölen rostfrei hält, oder aber mit einem dauerhaften Antikorrosions-Anstrich versieht.

Wenn sich also in dem einen Fall, unter sonst gleichen Umständen, ein Gufsrohr im Wasserleitungsstrange länger gegen die zerfressende Wirkung des Rostens gehalten hat, als ein schmiedeisernes, oder umgekehrt, so sind solche Erscheinungen noch keineswegs Beweise für die unbedingte größere Haltbarkeit der ersteren oder letzteren Eisensorte gegen Rostwirkung, sondern lediglich dafür, dafs das angewendete Antikorrosionsmittel nicht die von ihm erwartete Wirkung bestätigt hat; denn, wäre der Rostschutzanstrich zuverlässig gewesen, so dürfte sich weder in dem einen noch in dem anderen Falle eine vorzeitige Rostbildung einleiten.

Ich bin in der Lage — und mit mir wohl noch viele Anwesende — nachzuweisen, dafs sich auch schmiedeiserne Wasserleitungsrohre 25 Jahre lang und länger ganz vorzüglich gehalten haben; dies soll aber im Sinne meiner Darlegungen dahin gedeutet werden, dafs lediglich ihr Schutzanstrich derartig vorzüglich gewesen ist, dafs die Einleitung einer Rostbildung des Schmiedeisens nach so langer Zeit noch gar nicht wahrgenommen werden konnte.

Solche günstige Konservierungsergebnisse, die, ganz unparteiisch gesprochen, ebenso dem Gufseisen als auch dem Schmiedeisen zugute kommen, konnten aber nur dadurch gezeitigt werden, dafs Hand in Hand mit der in den letzten verflossenen Dezennien rapide vorgeschrittenen und noch immer mehr zunehmenden Verwendung aller Eisensorten (namentlich des Flufseisens) für gewerbliche Zwecke auch dem Bedürfnis nach zuverlässigen Rostschutzmitteln seitens einer Spezialindustrie und mittelst der Chemie entsprochen wurde, was vordem die rein handwerksmäßige Fertigkeit des Anstreichers nicht zu Wege gebracht hat.

Theorie und Praxis mufs Hand in Hand gehen! So kommt es auch hier nicht allein auf das wissenschaftliche Erkennen, sondern noch darauf an, dafs das einmal theoretisch als zutreffend erkannte Rostschutzmittel mechanisch in richtiger Weise aufgetragen wird. In dieser Beziehung empfiehlt es sich, bereits im Verlauf der Rohrfabrikation das erste Rostschutzmittel und zwar dann anzuwenden, sobald das aus dem Glühofen im hellroten Zustande gekommene Rohr unmittelbar nach seinem Richten resp. Kalibrieren auf der Walze eben so genügend abgekühlt ist (blauwarm), dafs ein theerartiger Anstrich, ohne zu verbrennen, eine innige Adhäsion mit dem durch Stahlbürsten sorgfältig von jedem losen Hammerschlag befreiten Eisen eingeht. Bis zu diesem Zeitpunkt können aber atmosphärische oder sonstige Einflüsse den Beginn einer Rostbildung noch nicht bewirken.

Darauf aber, nämlich den Zeitpunkt für einen ersten Rostschutzanstrich zu benutzen, in welchem überhaupt noch keine Rostbildung sich einleiten konnte, kommt es an; denn es ist eine alte Erfahrung, dafs, wenn man diesen Zeitpunkt unbenutzt vorübergehen und das Rohr sich erst mit einer allgemeinen Rostschicht überziehen läfst, diese einmal vorhandene Oxydationsbildung auch bei scheinbar noch so vollkommener nachträglicher Entfernung derselben doch

immer wieder partiell oder generell unter dem zu spät aufgetragenen Anstrich weiter wuchert, gleichgültig, ob derselbe an sich geeignet oder ungeeignet ist, gleichgültig, ob das Rohr aus Schmiedeisen oder Gufseisen gefertigt wurde!

Nach diesem ersten Anstrich gehen die schmiedeisernen Rohre in den weiteren Fabrikationsgang, wie zum Anbringen der Flanschen, Muffen, zum Auf-Maß-Drehen, Auf-Druck-Probieren usw. und bekommen dann, wenn alles fertig ist, kurz vor dem Versande einen oder zwei nochmalige Anstriche oder ein warmes Farbe-Tränk-Bad. Die Praxis hat die ausgezeichnete Wirksamkeit dieses Verfahrens bestätigt. In den Leitungs-Anlagen größerer Städte haben sich derartig mit Bezug auf den Anstrich sorgfältig hergestellte schmiedeiserne Rohre unter der Erde und im Wasser liegend ein Vierteljahrhundert lang so tadellos erhalten, als ob sie erst kürzlich verlegt worden seien; auch nicht Spuren einer Rostbildung sind an ihnen wahrzunehmen gewesen. Und älter als etwa 25 Jahre ist die Schmiedeisen-Rohr-Technik leider noch nicht!

Ich bin zu der Erfahrung gelangt, dafs ein auf diese Weise aufgebrachter Theeranstrich das beste aller Rostschutzmittel ist; indessen sind die Ansichten darüber sehr verschieden. Wenn man es mit besonders ängstlichen Bestellern oder Abnehmern zu tun hat, kann man die Dauerfestigkeit des Theeranstriches durch folgendes Verfahren sehr kräftig unterstützen: man gibt auf den vorher in der Fabrik hergestellten Anstrich und zwar auf der Baustelle noch einen abermaligen im warmen Zustande aufgetragenen Anstrich. Ehe derselbe erhärtet, bewickelt man das Rohr spiralförmig mit Jutestreifen von ca. 200 mm Breite. Die Jute klebt sofort auf dem Theer fest. Alsdann gibt man abermals zwei warme Theeranstriche auf die Jutebandage. Diese saugt sehr viel von dem Theer an, sodafs ein solches bandagiertes Rohr einen etwa 5 mm dicken kompakten Farbüberzug besitzt, welcher auf das innigste mit dem Rohr verbunden ist und nicht abtropft, wie es andernfalls bei zu vielem Auftragen von Farbe ohne die aufsaugende Jutebandage eintreten würde.

Für derartig präparierte schmiedeiserne Rohre wird seitens der Rohrwerke eine absolute Garantie für Rostsicherheit von 20 bis 25 Jahre eingegangen. M. H., jedes Menschenwerk ist vergänglich; wenn man aber so weit gekommen ist, in der jungen Schmiedeisen-Rohrtechnik für ihre Rohre 25 Jahre Garantie zu leisten, dann darf man meiner Ansicht nach nicht mehr sich bei der Entscheidung über Verwendung von schmiedeisernen Rohren für Wasserleitungs- und andere Zwecke von der Ängstlichkeit der Rostsicherheit beeinflussen lassen; denn wenn ein Rohr 25 Jahre lang vom Rost nicht zerfressen wurde, so hält es auch weitere 25 Jahre und mehr und wer kann bei den sich rapide entwickelnden Großstädten denn wissen, ob ein Wasserrohrstrang nach 25 Jahren überhaupt nicht aus ganz anderen Gründen als denen mangelnder Rostsicherheit neu ersetzt werden mufs?

Bei diesen grundsätzlichen Darlegungen über die Bedeutung der Rostschutzmittel sind die beiden weiteren Anschauungen, denen man hier und dort in der Praxis begegnet, nämlich: die Gufseisenrohre wären rostsicherer (infolge ihrer an der Oberfläche befindlichen sogenannten Brandkruste) und dauerhafter, (weil sie der Rostwirkung eine dickerere Wandstärke entgegenbringen als schmiedeiserne Rohre), von untergeordneter Bedeutung.

Digitized by Google

Was die erstere Anschauung, das Vorhandensein einer rostschützenden Brandkruste beim Gufseisen anbetrifft, so ist darauf entgegenzuhalten, dafs auch die gewalzten Bleche, aus denen die schmiedeisernen Rohre geschweißt werden, eine solche Brandkruste (Hammerschlag) an ihrer Oberfläche besitzen, welche sich in Farbe ganz anders gestaltet (blau), als das unter ihr befindliche metallisch reine Eisen (hellgrau). Man hat in der Praxis die früher namentlich im Schiffbau sehr übliche Methode, die Bleche durch künstliche Säurewirkung von jener Kruste zu befreien und nur metallisch reine Blechoberflächen zur Verwendung zuzulassen, längst aufgegeben, weil man sich davon überzeugte, dafs gerade diese Hammerschlagkruste die Einleitung einer Rostbildung verzögerte. Es steht also dem Vorteile einer rostschützenden Brandkruste des Gufseisens der gleiche Vorteil der blauen Hammerschlagkruste des Walzeisens gegenüber und bei allen sachgemäß gefertigten geschweißten schmiedeisernen Wasserleitungsrohren wird jene festsitzende Hammerschlagkruste auch nicht entfernt, im Gegenteil, sogar künstlich erneuert, wo dies sich im Prozesse der Rohrfabrikation partiell als notwendig erweisen sollte.

Und stellen wir uns — um auf den zweiten Einwand zu kommen — den Fall vor, der rostschützende Anstrich sowohl, wie auch die Brandkruste bezw. die Hammerschlagkruste wären sämtlich schon zersetzt und die Oxydation tritt an die metallisch reinen Guſs- bezw. Schmiedeisen-Rohrwände heran, so steht, was die Dauer beider Zersetzungsprozesse anbetrifft, der an sich zwar dickeren, dafür aber weniger dichten Gufswand die wohl dünnere, dafür aber wesentlich dichtere Schmiedeisenwand gegenüber. Letzteres ist keineswegs bedeutungslos; denn Flufseisen ist 1,08 mal so dicht als Gufseisen, und wer Gelegenheit gehabt hat, des öfteren zu sehen, um wie viel schneller sich schon unter der einfachen atmosphärischen Entwicklung bearbeitete (also metallisch reine) Gufseisenflächen mit Rost überziehen als bearbeitete Schmiedeisenflächen, dem können über die Richtigkeit der vorstehend gemachten Darlegungen keinen Augenblick Zweifel erwachsen.

Hiermit dürften wohl auch die letzten Bedenken technischer Art, welche gegen die Verwendung schmiedeiserner Rohre zu großen Wasserrohrleitungen von beteiligten Kreisen erhoben wurden oder erhoben werden können, eine befriedigende Widerlegung gefunden haben.

Es möge aus meinen Darlegungen auch hervorleuchten, dafs die Frage der Anfertigung und Verwendbarkeit großer schmiedeiserner nahtloser Rohre in dem Wettstreit gegen Gufsrohre nicht etwa eine jetzt plötzlich von mir auftauchende Neuerungs- oder gar Erfindungsidee ist, sondern eine zielbewußte, jahrzehnte lange Entwicklungsarbeit, an der viele Fachmänner beteiligt gewesen sind, hinter sich hat, bis sie gegenwärtig auf Grund langer Erfahrungen zur fabrikmäßigen Reife sich entwickelte und deshalb eine vertrauensvolle Aufnahme auch in allen denjenigen Fachkreisen verdient, die an diesem Entwicklungsgange der Dinge sich zu beteiligen bisher geschäftlich oder dienstlich keine Gelegenheit hatten.

Ich möchte an dieser Stelle Ihnen ein Gutachten einer deutschen Hochschule vorlesen. Es schreibt die Technische Hochule zu München durch den Herrn Egbert Ritter von Hoyer an mich: „Ihrem Wunsche, auf Grund Ihrer Broschüre „das

schmiedeiserne Wasserleitungsrohr" ein Gutachten über die Eigenschaften der geschweißten schmiedeisernen Rohre großer Durchmesser gegenüber Rohre aus Gufseisen für Wasserleitungen auszustellen, beehre ich mich in folgenden nachzukommen:

1. In Bezug auf die Festigkeit kann kein Zweifel darüber bestehen, dafs die Festigkeitseigenschaften des Schmiedeisens unter sonst gleichen Verhältnissen diejenigen des Gufseisens in jeder Beziehung derart überragen, dafs das Schmiedeisenrohr für Wasserleitungen entschieden dem Gufseisenrohr vorgezogen werden mufs, namentlich deshalb, weil bei etwaigen Stößen das Schmiedeisen viel weniger zu einem Bruch neigt als Gufseisen. Hierbei ist eine richtige Schweißung eine notwendige Voraussetzung und bestätige ich aus diesem Grunde, dafs dieselbe bei mir vorliegenden Proben des Wassergas-Röhren-Schweißwerkes der Aktien-Gesellschaft „Ferrum" als vollkommen bezeichnet werden mufs.

2. Die eigenartige Fabrikation der geschweißten Rohre gestattet nicht nur die Herstellung verhältnismäßig sehr langer Rohre, sondern diese gewähren auch durch eine nachträgliche Bildung von Muffen bezw. Schrauben sehr zuverlässige direkte Verbindungen und bei Anwendung von besonderen Verbindungsmitteln (Ringen) und Flanschen gar keine, bei Verbindungen mittelst Niete eine viel geringere Schwächung durch die Löcherbohrung als Gufseisenrohre. — Diese Eigentümlichkeiten bieten sowohl bezüglich der Montierung als der Zertrümmerung beim Zerlegen ohne Frage ansehnliche Vorteile.

3. In Bezug auf die Gebrauchsdauer sind zwei Hauptmomente in Betracht zu ziehen: das Verrosten an sich und der Schutz gegen Rostbildung.

Ohne hier auf die Vorgänge bei der Rostbildung näher einzugehen, mufs ich bemerken, dafs mir vergleichende Versuche über das Rosten von Gufseisen und Schmiedeisen aus neuerer Zeit nicht bekannt sind. Die Behauptung, dafs Schmiedeisen (immer unter gleichen Umständen) mehr rostet, ist zwar allgemein und zeigt sich auch in der Praxis insofern, als der Rost in Gufseisen nicht so tief eindringt, als in Schmiedeisen. Erklärt wird diese Erscheinung in erster Linie durch den Kohlenstoffgehalt des Eisens, sodaß der Kohlenstoff im Eisen als Rostschutz anzusehen wäre. Versuche über das genannte Verhalten stammen jedoch aus einer Zeit, wo die Fabrikation der Eisenbleche namentlich in Bezug auf deren Homogenität noch längst nicht den hohen Grad von Vollkommenheit besaß wie heute. Demnach können auch die Schlüsse nur bedingt gelten und neuere Versuche könnten sogar zugunsten der Bleche ausfallen; wie z. B. in der Darstellung der Versuche, die von der Gufsstahlfabrik Krupp in Essen 1882 bis 1886 angestellt wurden, ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dafs man bei der Beurteilung der Verrostungsfrage die Fortschritte in der Blechfabrikation nicht außer Acht lassen darf. Zieht man diese nun in Betracht, so ist vor allem die große Gleichmäßigkeit des Materials, namentlich aber die besondere Dichtigkeit der gewalzten Oberfläche insofern bemerkenswert, als damit ohne Frage die Rostbildung erschwert wird, weil die rostbildenden Agentien bei weitem nicht so leicht einzudringen vermögen, als es bei den früher erzeugten tatsächlich der Fall war. Damit ist aber selbstverständlich auch die Dauerhaftigkeit des Materials der rostbildenden Umgebung entsprechend erhöht, also den angenommenen Eigenschaften des Gufseisens näher gerückt. Hierbei sei noch

bemerkt, dafs auch in einem sehr beachtenswerten Aufsatz über die Rostverhütungsmittel (in der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ 1889, Seite 882) die Widerstandsfähigkeit glatter und ebener Flächen hervorgehoben wird, die beim gewalzten Schmiedeisen entschieden viel günstiger sind als beim Gufseisen.

Bezüglich des Rostschutzes bemerke ich folgendes: Die Wahrnehmung bezw. Anschauung, nach der Gufseisen eine natürliche Rostsicherheit in der sogenannten Brandkruste besitzt, kann ohne weiteres auf Blech bezogen werden, weil dasselbe ebenfalls von einer Schicht Eisenoxyd, sogenanntem Hammerschlag überzogen ist, das ebenso anhaftet, als die Brandkruste am Gufseisen, dahingegen eine glättere Oberfläche darbietet. Als Rostschutzmittel kommt in beiden Fällen wohl nur ein teerartiger Überzug in Betracht, der in der Wärme aufgebracht wird. Dafs dieser, oder überhaupt ein geeignet erscheinender Überzug das schmiedeiserne Rohr vor schneller Zerstörung durch Rost ebenso wohl zu schützen vermag als ein gufseisernes Rohr, kann gar nicht bezweifelt werden, wenn der Überzug in beiden Fällen derselbe, z. B. gleich dick ist, da ein Unterschied im Haften nicht bestehen kann.

Selbst den durchaus nicht genügend nachgewiesenen Fall vorausgesetzt, dafs die jetzigen Bleche von Schutzmitteln entblößt, etwas schneller verrosten sollten als Gufseisen, sind meiner Ansicht die anderen technischen Eigenschaften der geschweißten Blechrohre derartig günstiger, dafs sie jedenfalls den Vorzug verdienen, wo eine Sicherstellung des Betriebes von Wichtigkeit ist und Gefahr durch Zertrümmerung der Leitung infolge äußerer mechanischer Einwirkung Druck, Stoß, Senkung und dergleichen nicht vollkommen ausgeschlossen ist.“

So weit das Gutachten einer technischen Autorität! Meine hochverehrten Herren, aus diesem Gutachten geht hervor, was ich Ihnen in meinem Vortrage auch dargetan habe, dafs die Entwicklung und Existenz der Fabrikation von geschweißten schmiedeisernen Rohren für Wasserleitungszwecke unserer städtischen Verwaltungen überhaupt **nicht** von der Frage oder der Behauptung gezeitigt wurde, dafs sie **rostsicherere** Rohre liefern will oder mufs, als die gufseisernen es sind, sondern die ganze Verwendungsfrage der schmiedeisernen Rohre dreht sich um **den** Kernpunkt, **dafs man die schmiedeisernen Rohre genügend gegen Rost zu schützen in der Lage ist,** wenn man sie um derjenigen Eigenschaften willen, welche ihnen eigenartig sind und welche gufseiserne Rohre niemals besitzen können, glaubt verwenden zu sollen.

Es bliebe nun noch die wirtschaftliche Frage zu erörtern; denn so ziemlich alle technischen Fortschrittserfolge haben leider nur dann schnellen und durchschlagenden Handelserfolg zu erwarten, wenn sie vor dem Alten, an dessen Stelle sie treten wollen, resp. sollen, womöglich auch noch finanzielle Vorteile bieten. Auch diese Frage läfst sich zugunsten der nahtlos geschweißten schmiedeisernen Rohre großen Durchmessers beantworten.

Der Preis der schmiedeisernen Rohre und somit auch derjenige ganzer Rohrstränge hängt ab:

1. von der Länge der einzelnen Rohre,
2. von dem Durchmesser der einzelnen Rohre,

Digitized by Google

3. von der Wandstärke der einzelnen Rohre,
4. von der Art der Verbindungskonstruktion der Rohre,
5. von Qualität des Blechmaterials,
6. von der Art des Rostschutzmittels.

Abgesehen von den zu fünftens angeführten Kalkulationsfaktoren berechnet sich der Preis gufseisernen Rohre im großen und ganzen nach den nämlichen Grundsätzen, nur mit dem Unterschiede, dafs für Gufsrohre sich seit einer langen Reihe von Jahren in Bezug auf die Längen, Durchmesser, Wandstärken, sowie Verbindungskonstruktionen gewisse allgemein übliche Fabrikations-Normalien entwickelt haben, die es auch gestatten, entweder pro Tonne oder pro laufenden Meter bestimmte Grundpreise normieren zu können.

Indessen sowohl die Fabrikation, als auch die Massenverwendung schmiedeiserner geschweißter Rohre großen Durchmessers ist noch zu neu, als dafs sich aus der Wechselwirkung der Leistungsfähigkeit der Rohrschweißwerke einerseits und den technischen Ansprüchen der Käufer andererseits bereits heute die nämlichen Handels-Normalien technischer und finanzieller Natur, wie sie für Gufsrohre bestehen, schon entwickeln konnten. Dies für schmiedeiserne geschweißte Rohre großen Durchmesers ebenfalls zu erreichen, bleibt noch, eventuell unter gemeinsamer Beratung aller interessierten Rohr-Schweißwerke und größerer städtischen und staatlichen Behörden, Aufgabe der nächsten Jahre.

Zur Zeit mufs von den Rohr-Schweißwerken jede Rohr-Anfrage, nach Maßgabe der gestellten bezw. zwischen Besteller und Lieferanten vereinbarten besonderen technischen Bedingungen, für sich individuell kalkuliert werden. Wenn ich aber das Fazit aus vielen und jahrelangen Kalkulationen ziehe, so kann es in kurzen Worten dahin zusammengefafst werden, dafs

a) schmiedeiserne, geschweißte Wasserleitungsstränge von 500 mm Durchmesser aufwärts billiger werden als gufseiserne, und
b) diese Preisdifferenz zugunsten der Verwendung schmiedeiserner Rohre stetig zunimmt mit der Zunahme der Durchmesser,

wenn man im Kostenvergleich mit gufseisernen Rohrsträngen in Rechnung zieht, dafs man

c) infolge des geringeren Gewichtes der schmiedeisernen Rohre wesentlich an Fracht,
d) infolge der größeren Länge der Einzelrohre, d. h. der viel geringeren Anzahl von Verbindungsstellen bei schmiedeisernen Rohrsträngen wesentlich an Montage-Kosten

und dadurch abermals

e) nicht unbeträchtlich an Bauzeit

sparen kann.

Man sieht, dafs, wenn diese Frage — Gufsrohre an Stelle schmiedeiserner Rohre oder umgekehrt — nach der heute an sich ganz klaren Sachlage vielen Ingenieuren bisher noch nicht Gelegenheit zur Stellungnahme bot, dies wohl weniger an dem Zweifel beteiligter Kreise über die technische Verwendungsfähigkeit oder teilweise Überlegenheit des Schmiedeisens, als daran liegt, dafs die eigentliche, hier einschlägliche

Wassergas-Rohr-Schweißtechnik selber sich erst in relativ jüngerer Zeit dazu entwickelt hat, glatte Rohre aus Schmied- oder Flufseisen-Blechen niet- und nahtlos bis zu 46 m Länge und von 0,200 bis 3 m Durchmesser herstellen zu können, und dafs der industrielle Vorläufer dieser Erzeugnisse, nämlich das früher genietete, allenfalls mit Koks geschweißte Schmiedeisen-Rohr immer noch zu mancherlei berechtigten finanziellen und technischen Einwendungen Anlafs gab, die nur durch die soeben beregte neue Rohrtechnik behoben werden konnten.

Den Anstoß zur Aufnahme und Entwicklung der Technik rationellen Blechschweißens gab die Erwägung, dafs für alle rohrförmigen Hohlkörper, die man ihrer großen Durchmesser wegen nicht mehr im Wege des Walzens herstellen kann, sondern aus Blechen zusammennieten mufs, eine Nietnaht (in 3 Rohren) gemeinhin nur mit höchstens 70 % im Handel hergestellt wird, eine gute Schweißnaht dagegen mit mindestens 95 % der Festigkeit der verbundenen Bleche garantiert werden kann. Zu diesem Vorteil der höheren Festigkeit kommt noch der fernere hinzu, dafs eine geschweißte Naht gegen inneren Druck unter allen Umständen undurchlässiger ist, als eine genietete; denn das Schweißen ist mit Weben, das Nieten dagegen nur mit Nähen zu vergleichen.

Namentlich jene hohe Festigkeit geschweißter Blechnähte wurde durch die Anwendung des in den letzten Jahren sehr verbesserten Wassergases erreicht, dessen Flamme in hüttenmännischem Sinne: „vollkommen rein", d. h. frei von solchen dem Eisen schädlichen Gasen (Schwefel usw.) ist, die sich mit dem Eisen in der Schweißhitze verbinden und seine Güte herabsetzen.

Nachdem es mittelst Entflammung eines Gasgemisches, das in bestimmter Zusammensetzung aus Wassergas und atmosphärischer Luft besteht, wie mit Hilfe sinnreicher Einrichtungen, geschickter Handfertigkeit geübter Arbeiter usw. gelang, Schweißnahtfestigkeiten von mindestens 95 % unter allen Umständen, sowohl bei Schweißeisen, als auch bei Siemens-Martin- und Thomasstahl-Blechen in Stärken bis zu 5 mm herab sicher zu erreichen, ließen sich auch nahtlos geschweißte Rohre mit angebördelten oder aufgeschweißten Flanschen bis zu 46 m Länge und 3 m Durchmesser in tadelloser Güte ohne Nietnaht herstellen.

Was die Wandstärke der Rohre betrifft, so ist dieselbe zwar im allgemeinen nach dem Betriebsdruck der Rohrleitung zu bemessen, aber eingehende Versuche, die seitens städtischer Verwaltungen in sehr sorgfältiger Weise durchgeführt wurden, haben das Ergebnis geliefert, dafs in Rücksicht auf die notwendige Stabilität, d. h. den Widerstand der Rohrleitungen gegen Erddruck oder sonstige äußere Einwirkung, es sich empfiehlt, für Rohre von 800 bis 1100 mm Durchmesser eine Wandstärke von 9 bis 12 mm auch dann zu wählen, wenn die Berechnung eine geringere Dicke zulassen würde. Bei Hochdruckleitungen ist selbstverständlich die durch Berechnung ermittelte Wandstärke allein maßgebend.

Es sei hier ausdrücklich bemerkt, dafs es niemals beabsichtigt wurde, die Fabrikation geschweißter Rohre in einen Wettbewerb mit Fabriken eintreten zu lassen, die nahtlose Rohre aus Schmiedeisen nach irgend einem Walzverfahren herstellen, deren höchste Fabrikationsgrenzen aber entweder mit 300 mm Durchmesser oder, wenn darüber hinausgehend, mit ca. 3 m Länge begrenzt sind. Wenn man auch in der Fabrikation

bis zu Rohren von 150 mm Weite hinuntergehen kann, so entspricht doch die Herstellung der weiteren Rohre von 250 bis 300 mm aufwärts bis zu 3 m Durchmesser und in Längen über 4 bis 46 m dem eigentlichen Grundgedanken der Fabrikation geschweißter Rohre. Beide Industriezweige können also nebeneinander schaffen, ohne sich zu behindern. Die mit dem Hammer maschinell geschweißten Rohre bilden in Bezug auf den Durchmesser oder die Länge gewissermaßen die dimensionale Fortsetzung der mittelst Walzverfahren geschweißter Rohre aufwärts, wobei selbstverständlich die völlig verschiedenen Arbeitsmethoden außer Betracht bleiben müssen.

Die größten der heutigen Biege- und Kalibrierwalzen haben 6,2 m Arbeitslänge. Die aus ihr hervorgehenden kalibrierten Rohre werden auf außerordentlich langen Drehbänken an den Enden beschnitten und hierbei auf die verlangte Länge gebracht. Wenn mehr als 6 m lange Rohre aus ihnen hergestellt werden sollen, werden sie in Rundnahtschweißstraßen aneinander geschweißt.

Je nachdem die Rohrleitung Flanschen- oder Muffenverbindung erhalten soll, werden auf besonderen Walzen die Flanschen oder Muffen hergestellt. Auf die bei schmiedeisernen geschweißten Rohren zulässigen Rohrverbindungen werde ich am Schlusse zurückkommen.

Gelang es, im beharrlichen Vorschreiten auf dem eingeschlagenen Fabrikationswege durch erfolgreiches Überwinden mancher ernster Schwierigkeiten im Herstellen nahtlos geschweißter cylindrischer Rohre eine große Leistungsfähigkeit zu erreichen, so hat die Technik auch Mittel und Wege gefunden, Rohre und Hohlkörper in beliebig gleichbleibender oder wechselnder Konicität herzustellen. Soweit menschliches Wissen und Denken voraus zu sehen vermag, wird es niemals gelingen, auch solche Rohrstücke mit gleichbleibender oder wechselnder Konicität im Walzverfahren zu erzeugen, wie man sie mit dem Hammerschweißverfahren herzustellen vermag.

Die Anpassungsfähigkeit moderner Wassergas-Schweißverfahren hat es ermöglicht, aus jenen Schweißstraßen auch Hohlkörper verschiedenster Formen, die man vor kurzem nur mittelst Kesselschmiedearbeit durch Vernieten der Bleche zusammenzubauen im Stande war, hervorgehen zu lassen. Sie berechtigt auch zu der Hoffnung, dafs es gelingen wird, in der Weiterentwickelung dieser Fabrikation deren Arbeitsgebiet immermehr zu erweitern. Ich behalte mir vor, diesem großen Gebiete niet- und nahtlos geschweißter Hohlkörper gelegentlich besondere Darlegungen zu widmen und kann daher meine Betrachtungen schließen, da hier nur spezifisch über die Verwendbarkeit geschweißter Rohre für städtische Verwaltungen zu sprechen beabsichtigt war.

Es sei aber noch kurz darauf hingewiesen, wie die Entwickelung des Dampfmaschinenbaues im letzten Jahrzehnt aus wirtschaftlichen Gründen fort und fort darauf hindrängt, den Arbeitsdruck des Dampfes in den Dampfzylindern zu steigern. Schon heute tritt der Dampf mit 15 und 16 Atmosphären-Spannung in den Hochdruckcylinder, und alle Anzeichen sprechen dafür, dafs wir die Höchstgrenze noch nicht erreicht haben. Solcher Arbeitsdruck erfordert Dampfkessel, die für Betriebsspannungen von 18 bis 20 Atmosphären eingerichtet sein müssen. Je mehr aber die Dampfspannungen über die bisherigen Gebrauchsgrenzen aufsteigen, um so schwieriger wird es, Dampfkessel herzustellen, deren Vernietung bei den vorkommenden Temperaturwechseln dauernd

dicht bleibt. Hier bleibt es der Schweißung für die Zukunft vorbehalten, ein Retter in der Not zu werden! Denn Nieten bedeutet nur Nähen, Schweißen bedeutet dagegen Weben!

Ich möchte mir an dieser Stelle erlauben, den Herren einiges über Schweißproben zu erläutern. Ich habe hier ein kleines Probestück, das den Herren den Vorgang in den Rohrschweißstraßen darstellt. So ist das Rohr vor der Schweißung überlappt. (Wird vorgezeigt.) Man legt Wert darauf, die Bleche nicht sehr viel abzukanten, sondern sie in vollen Dicken-Dimensionen auf einanderzulegen, um möglichst viel Material während der Verschweißung in einander und durcheinander zu peitschen, sodafs das Stück Rohr, wie Sie es hier sehen, sich so gestaltet. (Wird vorgezeigt.)

M. H., man spricht sehr viel — und ich habe den Ausdruck auch öfter gebraucht — von Schweißnaht! Das ist eigentlich nicht richtig; denn wenn das Eisen schweißt, wie es schweißen soll, so hat es eben **keine** Naht und **darf** keine Naht haben, so ist es eins. Ich möchte Ihnen hier einmal einen Rohr-Abschnitt vorführen von einem in meinem Werke in der Hammerstraße durchgeschweißten Rohr. Wenn man so ein Rohrstück abdreht, so darf man überhaupt nicht erkennen, wo die Zusammenfügung stattgefunden hat. Gewöhnlich sieht man, wenn das Rohr nicht abgedreht ist, durch Lichtreflexe nur, wo der Hammer gespielt hat. Die Fabrikation ist neu und die Herren, die neu zu uns kommen, fragen: ist das die Schweißstelle, die gelungen? Ich zeige ihnen dann in der Rohrdreherei, dafs das nur äußerliche Spuren der Hammerschläge sind, die nichts mit der inneren Güte der Material-Verschweißung zu tun haben.

Und das mit den 95 % Naht-Festigkeit ist auch eine eigenartige Sache. M. H., stellen Sie sich den Fall vor, es käme jemand auf den Gedanken, er wollte einmal bei einem großen Rohr, sagen wir, von $2^1/_2$ m Durchmesser, 6 m Länge und 20 mm Wandstärke die Festigkeit messen. Ja, man kann Wasser hineindrücken, bis das Rohr platzt; dann wird aber das Rohr schon beim Überschreiten der Elastizitätsgrenze unbrauchbar. Das wollen die Abnehmer nicht. Deshalb wird ein einzelner Streifen über die Naht abgeschnitten und probiert und für diese Fälle ist man sehr vorsichtig und sagt, es sind 95 % Festigkeit garantiert; denn es kann passieren, dafs man einen Streifen hat, der etwas weniger Naht-Festigkeit als die des Bleches besitzt. Daraus aber schliefsen zu wollen, dafs nur 95 % Festigkeit in der ganzen Schweißnaht vorhanden sei, ist nicht richtig. Nehmen wir den anderen Fall: wir zerschneiden ein Rohr von 5 oder 6 m Länge in viele Streifen von 25 bis 30 mm Breite über die Naht und lassen alle Streifen durch die Probiermaschine gehen. Nun setzt man diejenigen Resultate, die weniger Schweißnahtfestigkeit zeigten als Blechfestigkeit 97 und 98 %, in das Probierbuch ein. Man kann aber diejenigen Elemente, bei denen der Bruch neben der Schweißnaht eintrat, auch nur mit 100 % einsetzen, während in Wirklichkeit die Schweißung eben größere Festigkeit als das Blech hatte und daraus entsteht der beregte Trugschlufs. Das arithmetische Mittel ergibt 97 oder 98, weil man die Elemente, deren Schweißung stärker war als das Blech, mit zu niedrigen Zahlen bewertet.

Die Fabrikation der Blechschweißwerke erstreckt sich auf folgende nahtlos geschweißte Gegenstände:

Rohre von 250 bis 3000 mm Durchmesser und bis 46 m Länge für Dampf-, Gas-, Wasser-, Kanalisations-Leitungen und Bergbauzwecke aller Art, mit Sicherheits-

Flanschenverbindung, maschinell gebördelten oder vorgeschweißten Flanschen, sowie aufgewalzten Muffen.

Schiffsmaste, Gefechtsmaste für Kriegsschiffe, Raaen, Stengen, Spieren, Bäume, Drainage- und Speigattrohre, hohle Davits.

Rohre für Ufer- und Brückenbauten, die mit hydraulischem Druck oder mittelst schraubenförmigen Stahlgufsfüßen in die Erde gebracht, dann von oben her mit Beton zu Fundamentierungsarbeiten ausgefüllt werden.

Hohlkörper und Rohrleitungen für Druckluft bis zu 200 Atmosphären Innendruck.

Cellulose-, Zucker- und Seifensiederkessel, ganz geschweißte Betriebskessel und Lokomotiv-Kesselmäntel.

Mühlentrommeln, Retorten, Centrifugen und Apparate für chemische und verwandte Industrien.

Ich werde mir erlauben, einige Bilder herumzugeben. Sie sehen auf dem ersten Bilde ein Rohr von 34 m Länge, wie es in einer oberschlesischen Stadt verwendet worden ist für Wasserleitungszwecke. (Wird herumgereicht.)

Hier auf diesem Bilde sehen Sie die vornehmlichsten Verbindungsarten von schmiedeisernen Rohren abgebildet. Als die sicherste möchte ich Ihnen folgende anführen. Das ist eine Kuppelung für eine ganz hochgespannte Dampf- oder Wasserleitung, die viel Anklang in der Industrie gefunden hat.

Ich möchte ein paar Bilder eines Wasserstranges zirkulieren lassen, den mein Werk unlängst für Genua gefertigt hat, wo vom Monte Rigi herunter ein Trinkwasser geführt wurde, der bis zu 40 Atmosphären Druck arbeitet. Kein Mensch hat jemals daran gedacht, hier Gufseisen zu verwenden. (Widerspruch.)

Ich komme in Rücksicht auf die in Aussicht stehende Diskussion zum Schlusse meines Vortrags und glaube Ihnen dargetan zu haben, was ich mir zu Anfang als Ziel steckte, zu beweisen: Raum für alle hat die Erde, sowohl für das gufseiserne als das schmiedeiserne Rohr. Bei den unbestreitbaren guten Eigenschaften beider Sorten wird Konkurrenzkampf weder die Gufsrohrtechnik noch die Schmiedeisen-Rohrtechnik von der Welt verschwinden lassen. Ich resumiere mich dahin: Ich würde bei niedrigem Druck bis 5 Atmosphären und gutem sicheren Baugrund, oder wenn keine starken Stöße zu befürchten sind, gufseiserne Rohre bestehen lassen, dagegen überall da, wo es sich um höheren Druck als 5 Atmosphären oder um unsicheren oder stark erschütterten Baugrund handelt, geschweißte schmiedeiserne Rohre empfehlen.

Eine solche Trennung der Verwendungsart ist durch die Verschiedenartigkeit der Gufs- und Schmiedeisen-Rohre berechtigt. Folglich sind beide Rohrsorten berechtigt und mit dieser Tatsache sollte kommerzielles Genie mehr rechnen, als es bisher durch fruchtlosen Konkurrenzkampf geglaubt hat sich tätigen zu müssen. Jeder Konkurrenzkampf kostet nach der einen oder anderen Richtung hin die Opferung nationalen Vermögens, besonders wo, wie im vorliegenden Fall, beide Gegner unbedingt daseinsberechtigt sind. Ich habe auf diesem Gebiete der Industrie viel gearbeitet und wünsche mir nur noch zu erleben auf dem Felde dieser meiner Arbeit, dafs sich die Rohrschweißwerke mit den Gufsrohrwerken zusammen zu gemeinsamen Wirken ver-

einigen, von dessen Zentralstelle aus man unter vollem Verständnis für die in Frage kommenden Bauherrn einmütig wirkt, in welchem Falle gufseiserne und in welchem Falle schmiedeiserne geschweißte Rohre als den jeweiligen Zwecken entsprechend zur Verwendung zu empfehlen sind. Was steht solcher wirtschaftlichen Einigung eigentlich entgegen? Gibt es doch große Werke in Deutschland, die in sich sowohl Gufsrohre als auch geschweißte schmiedeiserne Rohre fertigen und die in ihrer eigenen Verwaltung oft genug mit sich selbst im Zwiespalt geraten, ob sie die eine oder die andere Rohrart zum Verkauf empfehlen sollen!

Freilich ist die ältere Beherrscherin die Gufsrohrtechnik. Von ihr wird mit der Anerkennung der Technik für geschweißte Rohre eine freiwillige Aufgabe eines Teiles ihrer bisherigen Herrschaft verlangt. Mir kommt dieser Zustand wie in einer Familie vor, in der des Mannes Verdienst gerade ausreichte, um sich, seine Frau und 1 Kind zu ernähren; als nun das zweite Kind geboren wurde, mußte er eben mehr verdienen, mehr Brot heranschaffen, um beide Kinder zu ernähren, und dem spezifisch kaufmännischen Genie und Wirken unserer Eisenwerke fällt die Aufgabe zu, durch Heranschaffen erhöhten Absatzes den Ausfall zu decken, den die Gufsrohre durch Abgabe von Absatzgebieten an die schmiedeisernen Rohre erleiden. Keinesfalls aber ist es ein Zeichen kaufmännischen Scharfblicks oder Pflichtgefühls oder wirtschaftlich richtigen Handelns, das Aufkommen eines an sich daseinsberechtigten technischen Fortschritts der neuen Röhrenbranche mittelst der älteren Röhrenbranche finanziell unterdrücken zu wollen. Es läßt sich sehr wohl und sehr viel darin mit gegenseitiger Verständigung erreichen. Es soll die Schmiedeisenrohrtechnik nicht verlangen, unter allen Umständen das Feld zu behaupten, und es mufs die Gufsrohrtechnik sich sagen, hier ist naturgemäß ein schmiedeisernes Rohr besser am Platze als ein gufseisernes!

Das kaufmännische Werk, das hierbei sich betätigen mufs, will natürlich sich nicht schädigen. Das kann aber überstanden werden. Das Gebiet der modernen Schweißtechnik ist heute ein so großes, dafs man mit Fug und Recht verlangen kann, dafs die Fabrikanten mit geschmiedeten Rohren nicht unberechtigt den Gufsrohrfabrikanten auf den Leib gehen, und bei den Gufsrohrfabrikanten mufs kaufmännisches Genie dahin wirken, den Ausfall an Gufsware durch größeren Absatz nach anderen Gebieten zu decken. Pfennigzählerei, Buchhalterei, Revidieren, Monieren etc., das sind alles ganz gute Dinge, sind aber nicht zu vergleichen mit dem Schaffen des genialen Kaufmanns, das hier verlangt werden mufs. Der Kaufmann, welcher der ausübenden Technik zur Seite steht, soll derjenige sein, der das Absatzgebiet findet oder, wo er es auf der einen Seite verliert, es nach einer anderen Seite wieder gewinnt.

Ein anderer Apell den ich an dieser Stelle vielleicht noch machen darf, ist der durch diesen Verein an die städtischen Behörden.

Die städtischen Behörden mit ihrem großen Bedarf an Rohren großen Durchmessers sollten sich auch mehr mit der Sache beschäftigen, als es vielfach zum Teil jetzt noch der Fall ist. Es ist ein eigenartiges Ding mit der Versöhnlichkeit, wie ich sie hier predige, in der Industrie, wo es sich um Broterwerb handelt. Wenn aber der Besteller die Initiative ergreift und sich klarmacht, dafs in dem einen Falle Schmiedeisen und im andern Gufseisen zu nehmen ist, wie es hier in Berlin in hervorragendem

Maße der Fall ist, und auch in Hamburg, dann kommen wir sehr bald weiter und dann wird sich auch eine versöhnliche Stimmung und ein Handinhandarbeiten in der nämlichen Familie der Rohrbranche sehr bald erreichen lassen. Das aber anzustreben und dahin zu wirken, das allein ist der Zweck meines heutigen Vortrages.

Herr Ritter von Schwarz aus Lüttich: Hochgeehrte Versammlung! Wenn es mir gestattet ist, in einigen Worten an der Diskussion des von Herrn Baurat Janke behandelten Themas teilzunehmen, so hoffe ich, gestützt auf langjährige Erfahrungen, die ich sowohl in Europa als auch in tropischen Gegenden mit Röhren verschiedener Art gemacht habe, einiges dazu beitragen zu können, um im Interesse des Gegenstandes und nach dem Sprichwort: „du feu de discussion jaillit la lumière" Klarheit über das Verhalten und die Verwendung gufseiserner und schmiedeiserner Röhren in der Praxis zu verschaffen.

Mit Bezug auf die von Seiten des Herrn Baurates gemachten Erörterungen gestatte ich mir vorerst einige Bemerkungen.

Die Zugfestigkeit des Gufseisens bis zur Bruchbelastung verhält sich zu derjenigen des Eisenbleches, woraus die schmiedeisernen Röhren hergestellt sind, ungefähr wie 1250 zu 3500 oder wie $2^1/_2$ zu 7. Ebenso verhält sich auch die normale Wandstärke gufseiserner Röhren zu derjenigen der Schmiedeisenrohre durchschnittlich wie 7 zu $2^1/_2$; die Zugfestigkeit und mit ihr der Widerstand gegen innern Druck ist demnach für gufseiserne und schmiedeiserne Röhren ziemlich gleich.

Die Befürchtung, dafs das Trinkwasser durch das Undichtwerden der Muffenverbindungen oder durch den Bruch eines gufseisernen Rohres verunreinigt werde und demnach Veranlassung zum Auftreten von Typhus- und anderen Epidemien gebe, scheint nicht gerechtfertigt, und zwar aus folgenden Gründen:

Ist eine Undichtigkeit an einer Rohrleitung entstanden, so hat dieses einen Wasserverlust zur Folge; keineswegs kann indefs hierdurch eine Verunreinigung des fortgeleiteten Trinkwassers stattfinden, da ja in der Wasserleitung ein Druck von innen nach außen und keiner von außen nach innen, wodurch allein der Zutritt von Unreinigkeiten möglich wäre, vorherrscht.

Im Falle eines Rohrbruchs hört jeder Druck in der Rohrleitung und mit diesem die Zuleitung des Wassers in die menschlichen Wohnungen sofort auf.

Der Bruch eines gufseisernen Rohres wird in der Regel sofort bemerkt und ihm kann somit augenblicklich abgeholfen werden. Schlimmer ist dieses indefs bei schmiedeisernen Wasserleitungsröhren; diese werden erst nach und nach schadhaft, da, wie die Erfahrung gezeigt hat, der Rost vorerst kleine Öffnungen durch die ganze Rohrwandung frifst, ohne dafs dies gemerkt wird. Es sind Fälle vorgekommen, wo infolge dessen große Wasserquantitäten durch Jahre verloren gegangen sind, ohne dafs man dessen gewahr wurde. Erst wenn sich diese Löcher in den Rohrleitungen erweitern und durch Wassermangel sowie durch geringen Druck in der Leitung unangenehm fühlbar werden, wird nachgesehen und abgeholfen.

Noch mufs bemerkt werden, dafs im Falle eines Bruches eines gufseisernen Rohres die betreffende Stelle durch das in Masse auftretende Wasser genau markiert ist, während man bei schmiedeisernen Rohrleitungen erst lange suchen und viel Kosten und Zeit aufwenden mufs, um die schadhaften Stellen überhaupt zu finden.

Die Behauptung, dafs gufseiserne Röhren weniger dicht seien, als schmiedeiserne, weil das Material, aus dem die gufseisernen Röhren hergestellt sind, nur 7250 kg per Kubikmeter und jenes der schmiedeisernen Röhren 7850 kg per Kubikmeter wiege und dafs infolge dessen das Gufseisen „lockerer“ und gegen den Einflufs von Rost und Säuren mehr empfindlich sei als Schmiedeisen, entbehrt der Begründung. Die Zahlen 7250 kg und 7850 kg sagen nur, dafs das spezifische Gewicht des Gufseisens 7,25 und dasjenige des Schmiedeisens 7,85 beträgt. Das Gufseisen hat deshalb ein geringeres spezifisches Gewicht als das Schmiedeisen, weil es einen gewissen Gehalt an rostschützenden Stoffen, namentlich Kohlenstoff und Silicium, enthält, deren geringes spezifisches Gewicht dasjenige des Gufseisens herabsetzt. Dafs deshalb aber das Gufseisen weniger dicht sein mufs, weil es ein geringeres spezifisches Gewicht als Schmiedeisen hat, kommt einem Trugschlufs gleich.

Mit gleichem Recht könnte man beispielsweise behaupten, dafs Glas oder Aluminium weniger dicht seien als Gold oder Platin, weil das spezifische Gewicht des letzteren siebenmal so groß ist, wie das des ersteren.

Die so sehr gerühmten Vorteile schmiedeiserner Röhren, nämlich dafs dieselben in sehr großen Längen ohne Muffenverbindungen, bis zu 36 m und möglicherweise darüber hergestellt werden können, sind sehr fraglicher Natur.

Erstens lassen sich so lange Röhren schwer transportieren und verladen; diese Schwierigkeiten beginnen bereits dann fühlbar zu werden, wenn das Rohr die Länge eines Doppelladers überschreitet. Noch schlimmer ist es, wenn es sich um den Transport so langer Röhren in überseeische Gegenden handelt.

Zweitens, wenn ein so langes Rohr auch nur an einer Stelle schadhaft geworden ist, z. B. der Rost die Wandung durchgefressen hat, so ist dasselbe für die Wasserleitung, wofür es gemacht worden ist, sozusagen verloren, da ja das Herausnehmen, Reparieren und Wiedereinlegen eines so großen Rohres mit viel zu viel Zeitverlust verbunden ist. Besteht indefs die Leitung aus kurzen Stücken und wird ein solches schadhaft, so ist der Verlust ein viel geringerer, da ja kürzere Röhren leichter ausgewechselt und im Vorrate gehalten werden können. Wer wird indefs Röhren von 34 oder 46 m Baulänge, möglicherweise darüber, im Vorrat halten? Außerdem entsteht die Frage: wieviel Zeit braucht man, um solches Rohr, wenn es schadhaft geworden ist und neu bestellt werden mufs, neu anzufertigen?

Wenn angegeben wird, dafs schmiedeiserne Röhren 26 Jahre lang gehalten haben, so ist eine Angabe näherer — möglicherweise ausnahmsweiser — Umstände notwendig, um einen Schlufs daraus ziehen zu können. Waren diese Röhren nicht vielleicht in vollständig trockenem Erdreich oder in gemauerten und gedeckten Kanälen verlegt? Oder waren sie vielleicht ganz unter Wasser oder ganz an der Luft verlegt? oder waren sie vielleicht, wie dieses früher häufig geschah, mit einer dicken Asphalt-

schicht umgossen? — Ein allerdings dem Zweck entsprechendes, aber für die Praxis viel zu kostspieliges Mittel, um gegen Rost zu schützen.

Ein Überzug von Hammerschlag (Eisenoxyduloxyd), wie er nach Angabe sogar künstlich hervorgerufen wird, um die schmiedeisernen Röhren gegen Rost zu schützen, erfüllt seinen Zweck nicht, im Gegenteil, er verhindert das Anhaften des Rostanstriches, der, wie angegeben, auf die reine Metalloberfläche aufgetragen werden soll. Zudem ist Hammerschlag unnachgiebig und spröde, weshalb derselbe infolge der Durchbiegungen und Dilatationen der schmiedeisernen Röhren, sowie infolge der Erschütterungen und Stöße, den die Röhren beim Transporte, beim Verladen und Verlegen ausgesetzt sind, samt dem an ihm haftenden Rostanstriche abspringt und die reine Metalloberfläche bloßlegt. Völlig unrichtig ist es, den Hammerschlag der schmiedeisernen Röhren mit der Gufshaut der gufseisernen Röhren bezüglich des Rostschutzes in eine Parallele stellen zu wollen; denn die Gufshaut besteht der Hauptsache nach aus einer dünnen Schicht eines Gufseisens, mit einem etwas größeren Gehalte an chemisch gebundenen Kohlenstoff, verursacht durch das „Abschrecken" des Gufseisens beim Giefsen und — wie von allen Autoritäten anerkannt — ist gerade der chemisch gebundene Kohlenstoff das wirksamste Agens gegen das Eindringen von Rost. Die empfohlene Methode, die Röhren zu teeren, solange sie noch blauwarm sind, also eine Temperatur haben, welche zwischen 293 und 316 Grad Celsius schwankt, dürfte kaum zweckentsprechend sein, wenn man bedenkt, dafs ein schmiedeisernes Rohr, sagen wir von 8 m Länge, bei seiner Abkühlung von dieser Temperatur auf normale Lufttemperatur um ca. 3 cm in seiner Länge schwindet, und dafs diese Schwindung, in Anbetracht der Dünnwandigkeit der schmiedeisernen Röhren in verhältnismäßig kurzer Zeit stattfindet, sodafs durch das rasche Schwinden eine Lockerung des Asphaltüberzuges unvermeidlich ist.

Die Erfahrung hat gelehrt, dafs alle eisernen Röhren, sowohl schmiedeiserne als auch gufseiserne, trotz aller rostschützenden Anstriche für die Länge der Zeit den zerstörenden Einflüssen der Bodenfeuchtigkeit, der Humussäure, der löslichen Nitrate usw. von außen und der Kohlensäure, der Schwefelverbindungen, der Cloride usw., insoweit solche vorhanden sind, von innen, nicht widerstehen können und dafs diese Röhren über kurz oder lang von Rost angegriffen werden. Ein gewaltiger Unterschied liegt indessen darin, dafs der Rost beim gufseisernen Rohre viel langsamer vordringt als beim Schmiedeisenrohre, was dem hohen Gehalte an Kohlenstoff und Silicium im Gufseisen zuzuschreiben ist, während beim Schmiedeisenrohre, dessen Materiale diese rostschützenden Beimengungen fehlen, der Rost schnell fortschreitet.

Selbst den für Schmiedeisen günstigen Fall angenommen, dafs es dem Gufseisen bezüglich der Rostsicherheit nicht nachstehe, so dürfte bei dem Umstand, dafs gufseiserne Röhren eine viel größere Wandstärke haben, über die größere Dauerhaftigkeit dieser Röhren kein Zweifel bestehen.

In Wien hat man bereits seit langem anerkannt, dafs ein Asphaltieren gufseiserner Röhren überflüfsig ist und dafs das Gufseisen, aus erwähnten Gründen, sich selbst schützt, während, wie zugegeben wurde, schmiedeiserne Röhren ohne schützenden Überzug nicht bestehen können.

Digitized by Google

Es ist wohl bekannt, dafs schmiedeiserne Brücken alle 4 Jahre neu angestrichen werden müssen, um sie gegen Rost zu schützen. Wenn es demnach für notwendig erachtet wird, Schmiedeisen, welches der freien Luft ausgesetzt ist, alle 4 Jahre neu zu streichen, um wie viel größer erscheint dann diese Notwendigkeit, wenn es sich um schmiedeiserne Röhren handelt, welche im feuchten Erdreiche liegen, wodurch, wie bekannt, die Rostbildung ganz besonders begünstigt wird. Dafs man aber schmiedeiserne Wasserleitungsröhren, um sie zu streichen, nicht alle 4 Jahre aus der Erde herausnehmen kann, bedarf keiner weiteren Erörterung.

Dafs schmiedeiserne Rohre für solche Leitungen, welche ständig unter Wasser liegen, wie z. B. Dückerleitungen, sich ganz gut bewährt haben, ist ganz richtig. Ebenso erscheint für solche Rohrleitungen, welche stets der freien Luft ausgesetzt und leicht zugänglich sind, infolgedessen der Rostschutzanstrich von Zeit zu Zeit erneuert werden kann, die Verwendung schmiedeiserner Röhren in gewissen Fällen zweckmäßig.

Niemals können jedoch solche Röhren beim Verlegen in der feuchten Erde infolge ihrer geringen Widerstandsfähigkeit gegen Rost, trotz aller rostschützenden Mittel, mit Erfolg verwendet werden.

Herr Generaldirektor Baurat Janke: M. H., der geehrte Herr Vorredner hat sich auf den Standpunkt absoluter fester Behauptungen gestellt. Demnach kann vielleicht dieser oder jener von Ihnen den Eindruck gewonnen haben, als wenn ich Ihnen hier einen Vortrag halte für eine Industrie und deren Verwendung, die ich mir erst schaffen will. Sie ist aber bereits da und der geehrte Herr Vorredner wird ja unendlich viele Fälle anführen können, wo sich Schmiedeisen zerfressen hat. Ich sehe hier eine ganze Reihe von Bravourstücken des Gufseisens vor mir. Wenn ich das gewufst hätte, so hätte ich ihm ein statistisches Material darüber mitbringen können, dafs ich hier vielleicht noch eine Stunde länger hätte sprechen können, wo sich Schmiedeisenrohr ganz wunderbar gehalten und wo sich Gufseisen nicht gehalten hat, und wieder, wo sich Gufseisen gehalten hat und umgekehrt Schmiedeisen nicht. Also darin liegt es nicht, dafs man positive Behauptungen aufstellt, das darf man nicht tun ohne für sich zu sprechen. Ich kann Sie nur versichern: der Bedarf, der jährlich von den städtischen Behörden europäischer Länder an schmiedeisernen Rohren angefragt wird, ist ein großer. Sie können mir glauben, Herr Vorredner, alle diese städtischen Baubehörden überlegen sich das auch, was sie machen, und wenn es wahr wäre, dafs Schmiedeisenrohr, wie sie behauptet haben, für Erdreich absolut gar nicht verwendbar ist, dann würde man nicht anfragen, dann hätten wir Schmiederohr-Werke keine Arbeit, ja dann wären überhaupt keine Schmiederohr-Werke entstanden, das können Sie sich wohl denken. Ich habe übrigens ein Bild hier mit einem amtlichen Attest, ausgestellt von der Stadtwasserkunst in Hamburg, wo das Erdreich nicht sehr trocken ist. Da heißt es: „schmiedeisernes Rohr von 14 m Länge, 610 mm l. Durchmesser und 10 mm Wandstärke aus dem Druckrohrnetz der Stadtwasserkunst Hamburg, ausgebaut Ende 1901. Dasselbe war seit 1878 in Betrieb gewesen und erwies sich bei der Herausnahme als vorzüglich erhalten unter dem Steinkohlenteeranstrich. Stadtwasserkunst Hamburg (Betriebsinspektion II, Rothenburgsort). Maschinen- und Filteranlagen. Gezeichnet: Rudolf Schröder. Hamburg, März 1902.“

So leichthin sollte der Herr Vorredner nicht Behauptungen aufstellen. Es ist nicht gesagt, dafs ein schmiedeisernes Rohr niemals entzwei geht. Aber ebenso wenig kann man behaupten, dafs auch ein gufseisernes Rohr nicht einmal entzwei geht. Es liegt so, wie ich gesagt habe. Und was Wien anbetrifft — man kann es wohl sagen, es ist bekannt — so verhandelt gerade die von Ihnen angeführte Stadt Wien für die neue Hochdruckleitung, die 200 Millionen kosten wird, ganz allein mit Schmiedeisen-Rohrwerken wegen Lieferung eines schmiedeisernen gewalzten Wasserleitungs-Zuführungsstranges für Wien, obgleich bisher Gufseisen dort verwendet war. Warum? Weil die Leitung 12 Atmosphären Druck hat oder haben soll und dafür Gufsrohr nicht sicher genug ist!

Ich wiederhole, unsere Wasserwerke sind mehr und mehr gezwungen, weiter und weiter von der Stadt wegzugehen. Entfernungen für die Zuführung von 40 km bis zu den Großstädten sind ja absolut nichts Neues. Ich habe jahrelang das große Projekt bearbeitet mit der Stadt Amsterdam. Sie wissen und haben es gelesen, es handelt sich dort um eine große Wasserwerksanlage, wo man 40 km weit das Wasser zuführen mufs. Ich verstehe, dafs für diesen neuen Wasserrohrstrang nur auf Schmiedeisen verhandelt wurde, und warum? Weil das Gelände in Holland sehr unsicher ist, weil es durch moorigen Grund durchgeht, wo eine feste Fundamentierung nicht möglich ist, wo der Strang möglichst elastisch gemacht werden mufs, Muffenverbindung haben mufs und wo man deshalb Schmiedeisen haben will — selbstverständlich nicht Rohre von 46 m Länge; denn das hat kein Mensch gedacht, dafs man immer 46 m lange Rohre verwenden soll. Gemeiniglich wird ein Rohr von 6 oder 12 m Länge genommen und ein 6 m langes Rohr hat schon den Vorteil, dafs Sie 50 % Muffen sparen, und man kann 6 m lange Rohre aus Schmiedeisen sehr gut transportieren, auch 12 m lange. Es sind von Deutschland nach Japan, nach Amerika, nach China, nach unserer deutschen Kolonie Kiautschou viele geschweißte schmiedeiserne Rohre geliefert. Dorthin werden selbstverständlich nicht 46 m lange Rohre genommen, sondern 6 oder 12 oder 8 m lange, wie sie zu verladen sind. Im übrigen möchte ich bemerken, wenn der verehrte Herr Vorredner meint, dafs man lange schmiedeiserne Rohre nicht versenden kann, so entgegne ich, dafs wir tausende von Tonnen Schmiedeisen jährlich ins Ausland versenden. Ob das Vergnügen darüber bei den Herrn Gufsrohrfabrikanten sehr groß ist, möchte ich nach dem Tenor meines Herrn Vorredners allerdings bezweifeln!

In der Rostfrage — ich betone nochmals, ich möchte nicht abermals mifsverstanden sein wollen — erblicke ich überhaupt gar nicht die eigentliche Losungsfrage für das Schmiedeisen, sondern es treten andere Eigenschaften ein. Der Druck ist zu hoch, man will ein Rohr sicher gegen Verbiegen haben wegen des Untergrundes und dafür wird es in der Praxis verwendet in großer Zahl und da wird es auch niemals mehr verdrängt werden, so sehr man dagegen seitens der Gufsrohr-Interessenten auch eifert!

Herr Baurat Herzberg-Berlin: Ich bin weder Produzent von gufseisernen noch von schmiedeisernen Röhren, also nach dieser Richtung hin durchaus unbefangen; aber ich bin ein nicht unerheblicher Konsument und oftmals Ratgeber in der in Rede stehenden Frage. Es legt mir dies die Pflicht auf, mich zu äußern. Es ist sehr schwer, in dem Rahmen einer Erwiderung auf einen Vortrag alle die Erwägungen zu

Digitized by Google

Tage zu fördern, die man hierüber anstellen könnte. Immerhin kann man doch wohl Einiges generell darüber sagen, ohne sich zu tief in die Sache einzulassen.

Ich will gleich erwähnen, dafs ich dem Vortrag selber sehr sympathisch gegenüberstehe, obgleich von der Verteilung von Licht und Schatten, die an die Spitze des Vortrages gestellt wurde, während des Vortrages, wie mir schien, etwas verloren gegangen ist. Es wurde doch wohl das Licht mehr auf die schmiedeiserne Seite gehangen. Am Ende des Vortrags wurde aber die Verteilung wieder etwas gleichmäßiger.

Es ist als ein wesentlicher Grund für schmiedeiserne Röhren angeführt ihre größere Festigkeit. Es ist das ebenso, als vor einer Reihe von Jahren die Mannesmannröhren aufkamen, die wegen ihrer erstaunlichen Festigkeit gerühmt wurden, und defshalb für alle möglichen Zwecke sollten angewendet werden, auch da, wo die Festigkeit gar nicht in Frage kam, z. B. für Gasröhren. Ich habe immer geantwortet: für Gasleitungen ist mir ein Rohr von größerer Wandstärke an das man ein gutes Gewinde schneiden kann, auch bei geringerer Materialfestigkeit, lieber als jedes einwandige Rohr mit großer Festigkeit. Ich habe während meiner langjährigen Praxis nicht gefunden, dafs die gufseisernen Röhren nicht fest genug sind. Ich lege mir die Frage vor: ist denn die größere Materialfestigkeit in den gewöhnlichen Fällen — nicht in Ausnahmen — so ausschlaggebend, dafs man von einem bewährten Material abgehen soll, wenn nicht besondere wichtige Gründe dafür vorliegen? Also ich meine, in den weitaus meisten Fällen hat die größere Festigkeit des Schmiedeisens gegenüber der des Gufseisens für mich keine Bedeutung. Bei den normalen gufseisernen Röhren für Drucke von 10 Atmosphären ergibt die Rechnung, dafs die normalen Wandstärken die zulässige Belastung des Materials bei weitem nicht erreichen — also wozu dient in solchen Durchschnittsfällen — und das ist die große Mehrheit — die größere Materialfestigkeit. Es wird hiergegen eingewendet, dafs die Sprödigkeit des Gufseisens so zahlreiche Rohrbrüche verursache, dafs man dieserhalb zu Schmiedeisenrohr übergehen müsse. Da mufs ich aber doch sagen, dafs Tatsachen dies nicht bestätigen. Meine Firma übernimmt immer Garantien für durch sie ausgeführte gufseiserne Rohrwerke auf Jahre hinaus, und ich kann versichern, dafs die Garantie, die uns durch Rohrbrüche entsteht, gar nicht drückt; sie machen bei Objekten, die in Millionen gehen, keine hundert Mark im Jahr aus.

Einen sehr überzeugenden Beleg dafür, wie wenig Rohrbrüche für die Wahl des Rohrmaterials eine Rolle spielen, finde ich in der neuesten Nummer der Zeitschrift des Österreichischen Architekten- und Ingenieurvereins, in welcher die Verhandlung des genannten Vereins über die Verwendung von gufseisernen und Mannesmannröhren veröffentlicht ist. Der Baurat des Wiener Bauamts, dem die Wasserleitung untersteht, gibt an, dafs bei den in Wien liegenden 813 000 m laufenden gufseisernen Rohren kaum Rohrbrüche vorkommen, jedenfalls so wenig, dafs das kaum in Betracht komme; wenn sich mal Defekte im Rohr zeigen, so seien es fast immer die Muffen die entzwei seien. Der Zufall will, dafs ich hierüber Aufschlufs geben kann, weil ich i. J. 1873 der Leiter der Bauunternehmung für das Stadtrohrnetz der Hochquellenleitung in Wien gewesen bin. Die Firma, die ich vertrat, hatte die Röhren auf dem Probierplatz zu übernehmen: Es zeigte sich schon damals, dafs eine große Zahl der Muffen schlecht war, weil sie

oben in Form liegend gegossen waren. Diese schlechten Röhren bildeten vor 30 Jahren den Gegenstand eines heftigen Streits. Es waren nur die von La Louviere und die von Kladno in Böhmen gelieferten Muffen schlecht, die Röhren aus Mariazell in Steiermark waren tadellos. Die Sache war für uns defshalb schwierig, weil wir vertragsmäßig Röhren übernehmen mufsten, die in der Rohrpresse 20 Atmosphären Druck unter Abklopfen aushielten. Meine Remonstration, dafs diese Probe, weil das Rohr zwischen zwei Platten eingespannt versucht würde, keinerlei Gewähr für die Haltbarkeit der Muffen gewähre, fand bei den Gemeindeorganen kein Verständnis. So mufsten zahlreiche Rohre mit notorisch schlechten, porösen Muffen verlegt werden. Wenn also jetzt in Wien nur Muffendefekte vorkommen, so geht daraus hervor, wie wenig der Vorwurf zahlreicher Rohrbrüche in Gufsrohr gerechtfertigt ist.

Wenn ich von Muffen spreche, so wundere ich mich, dafs die oder die Herren vom Schmiedeisen die Muffendichtung für ihre Rohre angenommen haben. Das halte ich für einen technischen Irrtum; diese Dichtungsart steht im Widerspruch mit der gerühmten Zähigkeit und Dehnbarkeit des Materials. Die Dichtung der Muffe erfolgt dadurch, dafs man auf Eisen Blei hineinbringt und stark verstemmt. Die hohe Umfangsspannung gewährt das Dichthalten. Ein Material, das nach außen im Umfang und nach innen am Spitzende des Rohrs nachgibt, ist für Muffendichtung nicht geeignet; hier liegt zweifellos ein Konstruktionsirrtum vor. — Doch das nur nebenbei.

Ich kann auch nicht anerkennen, dafs gufseiserne Leitungen hohen Drucken nicht genügend Widerstand leisten. Ich kenne zahlreiche Bergleitungen u. a. für Zahnradbahnen, die seit Jahrzehnten tadellos bei 30 und mehr Atm. Druck arbeiten. Man muß die Wandstärke der Rohre nur ausreichend und die Dichtung sehr gut machen. Meine Firma hat vor 10 Jahren eine Rohrleitung bis auf dem Drachenfels am Rhein in einem Eisenbahnkörper liegend geliefert, die das Druckrohr einer Pumpe bildet, die mit 31 Atm. Druck arbeitet. Die Muffen sind nach innen konisch; ich habe mit dem Eisenbahndirektor Lange überlegt, ob wir Mannesmann- oder gufseiserne Rohre nehmen sollten; wir haben uns schließlich für letztere entschieden, weil die Verbindung und Dichtung der Röhren der gufseisernen Muffen zuverlässiger wird. Der Erfolg hat für unsere Ansicht gesprochen.

Man braucht nur an die zahlreichen gufseisernen Rohre der Drucksätze in Tiefbauschachten zu denken, wenn man beurteilen will, welch hohen Drucken gufseiserne Rohre gewachsen sind. Trotz alledem will ich der Verwendung von schmiedeisernen Rohren unter gewissen Umständen die Berechtigung nicht absprechen. Aber ehe man sich entschließen kann, von einem Material, für dessen Zweckmäßigkeit man nicht bloß 20 und 30, sondern 100 Jahre Erfahrung hat, abzugehen, da mufs man sich doch genau überlegen, ob das, was man an seine Stelle setzen will, wirklich so viel besser ist. Ich meine, das ist schon deshalb nötig, weil die aus der Erfahrung geschöpfte lange Dauer und Haltbarkeit gufseiserner Rohrsysteme es dahin gebracht hat, dafs man ihre Amortisation auf jährlich $1\frac{1}{2}$ bis 2 % in den Etats mit Recht ansetzen kann. Wenn man nun, aus Gründen, von denen ich manche für nicht stichhaltig, andere für übertrieben halte, an diese Stelle ein Material setzt, über dessen Haltbarkeit keine 50 Jahre, keine 25 vorliegen, so mußte man als vorsichtiger Mann

mit 4 % ein solches Rohrsystem amortisieren — eine Zahl, die manchen Stadtetat aus dem Gleichgewicht bringen könnte.

Meine Firma hat hier im Zoologischen Garten eine ausgedehnte Wasserleitung, die z. T. aus dem Jahre 1854 stammt, aufdecken lassen; es zeigte sich, dafs das Gufseisen tadellos gesund war, wenn auch mit Rostknoten außen und innen stark bedeckt; die an denselben Stellen liegenden schmiedeisernen Hahnleitungen gingen wie Zunder auseinander, wenn man mit Werkzeug fest anfaßte. Ich erinnere auch daran, dafs es bis vor 20 Jahren üblich war, die Gaszuleitungen zu den Häusern und Laternen aus Schmiedeisen zu machen; davon ist man ganz abgekommen, weil die Gasverluste infolge Verrostens der Leitungen zu groß wurden. Ich erinnere mich noch sehr gut der Zeit, als die hiesige englische Gasanstalt, nach dem sie festgestellt, dafs die Asphalteinbettung der schmiedeisernen Rohre auch nicht half, alle schmiedeiserne Zuleitungen durch gufseiserne auswechselte. Zahlreiche Beispiele aus der Praxis sprechen übrigens auch dafür, dafs Schmiedeisen gegen mancherlei Angriffe sich schlechter hält als Gufseisen: ich erinnere an die Auspuffrohre der Gasmaschinen, an die Kondenzwasserableitungsrohre von Heizungsanlagen; erstere macht man, weil Schmiedeisen zu rasch zerstört wird, aus Gufseisen, letztere aus dem gleichen Grunde ganz allgemein aus Kupfer. Auch die Zerstörung der schmiedeisernen Wärmewassergefäße, über die so viel geklagt wird, spricht in meinem Sinne.

Es ist dann weiter hervorgehoben worden, es sei volkswirtschaftlich zu begrüßen, wenn einem Material eine Verwendung erschlossen werde, für das es früher nicht gebräuchlich war. In dieser Beziehung bin ich etwas skeptisch: die Überzeugung, ob eine Fabrikation allgemein gesprochen wirtschaftlich berechtigt ist, schöpfe ich nicht aus billigen Angeboten von Fabrikanten, sondern nur daraus, dafs diese bei den Verkaufspreisen ihre Rechnung finden, dafs sie was verdienen bei der Konkurrenz mit dem bisher zu demselben Zweck verwendeten Material; hierzu gehört die Beobachtung durch eine längere Reihe von Jahren.

Es ist auch gesagt worden, die hygienische Frage bedinge die Verwendung von Schmiedeisenrohr. Da mufs ich sagen, ich hätte kaum geglaubt, dafs bei den sonst hervorragenden Ausführungen des ersten Herrn Vorredners, ihm diese Bemerkung unterlaufen würde. Das wäre ja fürchterlich, wenn man glauben könnte, dafs durch eine sonst dichte Rohrleitung, der man hin und wieder einen Rohrbruch zutraut, der Typhus verbreitet würde. Wo käme man hin, wenn man solchen Erwägungen Raum geben wollte; jede Hydrantenöffnung, die in der Erde liegt, würde ja eine Gefahr für Leben und Gesundheit bieten. Ich behaupte, dafs kein Fall nachweislich ist, dafs aus Anlafs eines gebrochenen Gufsrohrs eine Infektionskrankheit verbreitet worden wäre. (Zuruf: Gelsenkirchen!)

Diesen Zuruf habe ich erwartet. Ich habe über den Gegenstand so oft mit Robert Koch und andern mit der Untersuchung betrauten Gelehrten verhandelt, dafs ich sehr gut darüber orientiert zu sein glaube. Mir liegen diese Fragen berufsmäßig sehr nahe. Allerdings war man der Meinung, dafs ein Rohrbruch eine nahe gelegene Senkgrube ausgespült habe, und das Schmutzwasser so in die Bruchstelle des Rohres gelangt sei. In dem Hause, zu welchem diese Senkgrube gehörte, sollten Typhuskranke

gewesen sein. Aber bewiesen ist von dieser Vermutung nichts. Die Staatsanwaltschaft mufs daran auch wohl nicht glauben, denn sonst hätte sie nicht die schwebende Untersuchung gegen die Direktoren der Gelsenkirchener Wasserwerksdirektoren einzuleiten brauchen. Man wird gut tun, das Ergebnis dieser gerichtlichen Untersuchung abzuwarten, ehe man den Typhus mit Rohrbrüchen in Verbindung bringt. Ich würde raten, diesen Typhusepidemiepassus aus dem Vortrage im Interesse des Geschäfts zu streichen. Ich glaube nicht, dafs er die von dem Herrn Vortragenden vertretene Sache zu fördern geeignet ist; bedenken Sie nur, dafs wir in Deutschland Millionen von Metern Wasserleitungsrohren aus Gufseisen liegen haben: wir müfsten alle längst tot sein, wenn diese harmlosen Röhren den Typhus befördern könnten.

Ich möchte nicht zu weitläufig werden — aber kurze Zeit mufs ich Ihre Geduld noch in Anspruch nehmen: Wenn an mich von einer Gemeinde oder Behörde die Frage gerichtet wird, sollen wir gufseiserne oder schmiedeiserne Rohre nehmen, so frage ich zunächst, wie liegen die Verhältnisse dort? Haben Sie besondere Gründe vom Hergebrachten abzugehen?

Es kommt vor, dafs solche Gründe tatsächlich vorhanden sind, z. B. wenn der Erdboden unsicher ist (in Bergbau oder Meergegenden), auch in Gebirgsgegenden, wo man den Transport der schweren spröden Gufsrohre außerordentlich schwierig hat, wo man insbesondere Schwanzendenrohrbrüche zu befürchten hat — abgesehen von unterirdischer und oberirdischer Kreuzung von Flüssen bei sehr hohen Drucken usw. In solchen Fällen nehme ich keinen Anstand zu antworten: Nehmt schmiedeisernes oder Mannesmannrohr — aber nicht schwachwandig, wie es die Festigkeit zuläfst, sondern so stark, dafs auf viele Jahrzehnte hinaus auch der Rost das Rohr nicht durchsetzen wird. — Liegen aber solche besonderen Fälle nicht vor, so bleibe ich bei folgender hausbackener Erwägung: Auf den Streit, ob Gufseisen oder Schmiedeisen in der Erde rascher oder langsamer rostet, lasse ich mich nicht ein. Ich will annehmen, sie rosten beide gleich rasch, aber ich kann für dasselbe Geld die doppelte Wandstärke in Gufseisen, als in Schmiedeisen bekommen —, so nehme ich doch lieber das gufseiserne Rohr, weil es jedenfalls am längsten schon wegen seiner größeren Wandstärke gegen Durchrosten vorhalten wird.

Von den Schmiedrohrumhüllungen als Rostschutz halte ich nicht viel; man kann diese Schutzhülle bei Rohr, das verarbeitet werden mufs, nicht überall festhalten, ebenso wenig wie den Hammerschlag. Wo der Schutz fehlt, wird das nackte Eisen um so mehr angegriffen. Insbesondere halte ich von der Juteumhüllung nicht viel; ich habe erst im vergangenen Jahr ca. 14 000 m mit Jute umhüllte Kabel, die seit 1889 in der Erde gelegen hatten, hochnehmen lassen: die Jute zerfiel wie Zunder. Und nun erst, wenn man diese Isolierung im Rohrgraben machen soll: das wird zweifellos nicht ordentlich gemacht, weil man das Rohr nur oben sehen kann, alles andere mufs durch das Gefühl gemacht werden. Es bleibt aber doch nichts anders übrig, als das spitze Ende vor der Dichtung von Hand zu isolieren: das ist meines Erachtens ganz unzulässig, weil es nicht ordentlich gemacht werden kann.

Es ist auch ein Irrtum von dem Herrn Vorredner, wenn er meint, das Schmiedeisenrohr, das nach Berlin geschickt würde, — käme in die Erde. Ich glaube, ich

sage nicht zu viel, wenn ich behaupte: es werden in Berlin nicht 500 m Schmiedeisen jährlich in der Erde verlegt. (Zuruf: Kilometerweise!) Ja, ich sehe von der in neuester Zeit von der Kanalisationsverwaltung angewendeten Rohrstrecke in der Müllerstraße ab, weil ich das für einen Versuch halte; auch wurde vom Herrn Redner nicht von der Stadtgemeinde gesprochen, sondern von den Bauherren und Architekten, die viel Schmiedrohr beziehen. Von diesem Schmiedrohr behaupte ich, es werden nicht 500 m in der Erde verlegt; — dies kommt hier nur vor, wenn ganz besondere Gründe vorhanden sind, z. B. wenn es sich um provisorische Bauwasserleitungen handelt. Vor 25 Jahren hat die städtische Wasserwerksverwaltung die Anwendung von schmiedeisernen Rohren im Innern der Häuser verboten, weil sie sich im Innern durch Rost zersetzten. Dabei ist es heute noch geblieben — und ich glaube die Konsumenten fahren sehr gut dabei. Der Herr Vortragende schlug eine Teilung der Anwendung vor: bis 5 Atmosphären soll man Gufseisen nehmen und darüber hinaus Schmiedrohr; zu einer solchen Teilung liegt meiner Ansicht für die Gufsrohr-Herren kein Anlafs vor, weil in zahlreichen Städten mit Drucken bis 10 Atm. sich gufseiserne Rohr-Systeme tadellos bewährt haben und zwar seit einer langen Reihe von Jahren. Wenn der Herr Vortragende gesagt hätte, bei Leitungen, die über 12 Atm. Betriebsdruck haben, soll man schmiedeisernes Rohr nehmen — unabhängig von der Rostfrage — weil es für den hohen Druck sicherer ist, so würde sich darüber reden lassen.

Ich möchte noch kurz erwähnen, welche Nachteile die schmiedeisernen Rohre für Stadtrohrnetze hat: die Röhren müssen an jeder Stelle angebohrt werden können, um eine Hausleitung machen zu können. Entweder es wird ein Gewinde für einen sogen. Neuger oder Hahn eingeschnitten — das geht bei dem schwachwandigen Schmiedrohr nicht, oder es wird eine Rohrschelle mit Bügel um das Rohr gelegt; diese Konstruktion setzt ein ganz starres Material voraus, weil das Rohr einseitig stark zusammengepreßt werden mufs: ein gufseisernes Rohr bleibt dabei kreisrund — ein schmiedeisernes wird oval d. h. die Dichtung der Schelle auf dem Rohr wird schlecht.

Ich glaube, man sollte sich dahin resumieren: in allen Fällen, in welchen man vor die Frage gestellt wird, ob man Schmiedeisenrohr für Rohrnetze verwenden soll, müssen die Gründe, die dafür sprechen, so überwiegend sein, dafs man nur dieserhalb von dem sehr lange bewährten und dauerhaften Gufseisen abgehen kann. Es wird das voraussichtlich nicht selten der Fall sein; aber in den normalen Fällen ist ein gufseisernes Rohrsystem besser.

Herr Generaldirektor Janke: Der geehrte Herr Vorredner hat gesagt, dafs in meinem Vortrag Licht und Schatten nicht genügend verteilt wäre. Ja, m. H., das war mein Bestreben, es gleichmäßig zu verteilen. Aber es kommt mir so vor, als wenn jemand in ein Haus hinein will; und will er ein Logis bewohnen, das schon bewohnt ist, so mufs er gute Worte geben. Ich mufste also die Daseinsberechtigung der Schmiedeisenrohre dartun, indem ich ihre Vorzüge hervorhob, um zu dem Schlufs zu kommen: bitte, alte Gufsrohr-Technik, bisherige Alleinbewohnerin, lafs uns auch in deinem Reich ein Plätzlein finden!

Was nun die Anzahl der Defekte anbetrifft, von denen der geehrte Herr Vor-

redner sagte, sie wären nicht groß, so muſs ich, da ich nicht Fachmann für derartige Sachen bin, mich seiner größeren Erfahrung fügen. Indessen ich habe von einer ganzen Reihe Ihrer hochgeehrten Spezial-Kollegen — darunter sind Herren, die ein genau so weißes Haar und ehrwürdiges Äußere besitzen wie Sie — gehört, daſs sie nicht Ihrer Meinung sind, daſs da wirklich wenig Brüche und Defekte vorkommen, sondern im Gegenteil, ich habe manchen ergrauten Stadtbaurat gefunden, der die Hände ringt und sagt, die Dinger (nämlich Ihre gelobten Guſsrohre!) brechen mir zu oft. Es entstehen Prozesse, da wird der Direktor des Wasserwerks verantwortlich gemacht. Dem Betriebsbeamten brechen immer zu viel Rohre, und wenn es noch so wenig sind; ob dem Lieferanten oder der bauausführenden Firma, das ist eine andere Frage! Und Sie geehrter Herr Vorredner, vertreten doch den Standpunkt der bauausführenden Firmen?

Aber außerdem, wenn mein geehrter Herr Vorredner sagt, das alles hat mit seinen Guſsrohren wunderschön gehalten, und weil es gehalten hat, so darf ich doch nicht noch etwas Besseres und Festeres dafür eintauschen — wenn ich richtig verstanden habe —, so sage ich, gewiſs, selbstverständlich. Das habe ich auch gar nicht angezweifelt. Ich bin von ihm vielleicht nicht ganz richtig verstanden worden. Ich habe nur gesagt, daſs unser Bedürfnis nach gesteigertem Druck der Rohre heute steigt. Der Wasserdruck in den Rohren wird größer und größer. (Widerspruch.) Niedriger? Ich habe in den Fällen, die mir vorschweben, von recht anständigem Druck gehört. Aber wir nähern uns; denn indem der Herr Vorredner sagt, er will die Existenzberechtigung des Schmiedeisens — und das war das, was ich sage — nicht von 5 Atmosphären an, sondern von 12, na, das ist doch etwas! Also prinzipiell ist das so: wenn die Sache sehr stark drückt und kritisch wird, dann gibt Vorredner zu, ist Schmiedeisen doch besser. Andernfalls müſsten wir ja noch guſseiserne Kanonen haben statt schmiedeiserner! Man kann natürlich auch aus einer guſseisernen Kanone schießen — man kann ja alles. Daſs der geehrte Herr Vorredner unserem gewalzten Eisen und unserem verbesserten Martin-Siemensmaterial, womit die ganze Industrie in den letzten 20 Jahren beschäftigt war, und wo wir gerade auf diesem Gebiete viel geleistet haben, also dem gewalzten zähen edleren Material die Existenz nicht ganz absprechen will dem Guſseisen gegenüber, das werden wir Leute vom Schmiedeisenlager nur dankbar anerkennen.

Was die Hygiene anbetrifft — das berührte auch einer der Herren Vorredner —, so habe ich mir den Fall auch nicht der Art gedacht und so haben sich auch nicht die Ärzte den Fall gedacht, wie das dargestellt wurde, sondern wenn so ein Ding bricht — daſs es brechen kann, das werden Sie mir nicht absprechen; denn hier in Berlin ist oft partielle Sintflut —, dann schwemmt das Erdreich weg und bei der ganzen Geschichte kommt Schmutz in das Rohr hinein, und wenn Sie einmal mit einem Arzt sprechen, so ist nach seiner Meinung eine Verunreinigung des Rohrstranges mit dem Momente möglich, wo durch Schmutz eine Verunreinigung stattfindet. Es ist nicht gedacht, daſs die Bakterien gegen das ausströmende Wasser nun plötzlich mit aller Gewalt anschwimmen sollen, sondern beim Reparieren und Auswechseln von Rohren nach dem Bruch können Bakterien in den Strang gelangen, das genügt schon, um Unheil anzustiften, wenn sie einmal darin sind.

Digitized by Google

Was von der Bandage gesagt wurde, dafs sie zu elastisch sei, kommt für schmiedeiserne Rohre nicht in Frage, indem die Abzweigstutzen aufs Rohr aufgeschweißt werden. Ich habe Bilder darüber herumgeschickt, wie die Abzweigung gemacht wird. Die Erfahrungen des Herrn Vorredners will ich in keiner Weise anzweifeln, ich bin nicht vom Fach und kann das nicht; aber ich möchte doch hier einmal ein wenig Zahlen sprechen lassen. Wenn alle Menschen so vorsichtig wären — und es ist ja nur große Vorsicht, die aus Ihren Worten spricht —, und wenn die Sache noch so zweifelhaft wäre, wie Sie das hinstellen möchten, so wäre das für uns Schmiedeisen-Rohr-Werke sehr schlecht, indessen wir stehen gar nicht mehr auf so unsicherm Experimental-Fundament, ich kann Ihnen dafür Zahlen nennen, die ich gerade im Kopfe habe. Man hat in den letzten 12 Monaten bei unserem Werk in Kattowitz aus europäischen Staaten seitens der Großstädte um ca. 116 Millionen Mark geschweißtes Rohr angefragt zu Projekten und Neuanlagen. Wenn wir die Bestellung hätten, würden wir ja sehr glücklich sein in heutiger schwerer Zeit; indessen es charakterisiert doch die Richtung und Überzeugung, die in sehr weiten Kreisen **zugunsten** des Schmiedeisenrohrs besteht — eine Tatsache, der ja der Einzelne skeptisch gegenüberstehen kann, wie wir heute erfahren; die allgemeine Richtung aber gerade in Kreisen der Bauverwaltung ist darum doch eine zugunsten der schmiedeisernen Rohre zunehmende und keinesfalls abgeschwächte. Und gerade die Heftigkeit, mit der hier zum Teil gegen jede Existenzberechtigung der Schmiedeisenrohre gekämpft wird, kann nur in der Welt — meiner Ansicht nach — dazu beitragen, das Interesse und die Sympathie für Schmiedeisenrohre zu erhöhen! Ich müfste Ihnen also — wenn es nicht gegen meine Absichten verstöße, hier Geschäfts-Reklame zu machen — für Ihre Opposition in kommerzieller Wirkung nur dankbar sein.

Herr Ingenieur Kirchner-Friedenau: Es ist zweifellos ein sehr großer Bedarf an Rohren vorhanden, die eine größere Zuverlässigkeit als Gufseisen bieten. Ich bin nicht Fabrikant, aber in zuweilen ähnlicher Lage, wie Herr Herzberg und habe auch einige Erfahrungen auf einem Gebiete, das an das besprochene Gebiet angrenzt.

Wenn Herr Janke gesagt hat, die Dichtigkeit des Gufseisens ist so groß, und die Dichtigkeit des Schmiedeisens ist so und so groß, so bezeichnet er lediglich das spezifische Gewicht, keineswegs aber das, was man die Dichtigkeit der Struktur nennt. Herr Janke hat wohl einmal verschiedene Sorten Eisen unter dem Mikroskop betrachtet; da wird er wohl den himmelweiten Unterschied zwischen Gufseisen und Schmiedeisen bemerkt haben. Wenn er sein eigenes Schmiedeisenstück, jenes abgedrehte Rohrstück, betrachtet, wird er viele Riefen und Kerbe finden, die in der Struktur des Eisens liegen.

Ich hatte bei einer anderen Gelegenheit einmal Veranlassung, Fein-Bleche mikroskopisch zu untersuchen und zwar im Durchschnitt, in die Kanten etwas eingeätzt. — Da findet man sein blaues Wunder in der Struktur derartiger Schnittflächen. Da gibt es kleine Blasen von $^1/_{50}$—$^1/_{100}$ mm Größe, die ein noch viel feineres Aderwerk überall hin, und besonders nach der Oberfläche versenden. Dieses System wirkt bei jeder Temperaturveränderung wie eine Lunge, indem es Feuchtigkeit und Luft bald einsaugt bald ausstößt.

Ich habe sogar diese feinen Kanälchen sehr im Verdacht, dafs sie, in Folge der sehr feinen Verteilung des Wassers oder Wasserdampfes das Wasser bei relativ niederer Temperatur zerlegen. Alsdann tritt der Sauerstoff an das Eisen und bildet den Rost. Es gelang mir in zahlreichen Versuchen mit solchen Blechstücken selbst in destilliertem Wasser in kurzer Zeit relativ sehr große Mengen Rost zu erzeugen. Erkundigt man sich nun, woher diese Bläschen kommen, wie es möglich sei, dafs ein Material, das so oft durch den Walzprozefs hindurchgeht, stellenweise solche Struktur habe, da erfährt man, dafs, wenn das Eisen in die Coquille gegossen wird, stets Luft mit einläuft. Diese Luft bekommen Sie nicht heraus; Sie mögen walzen, soviel Sie wollen, sie bleibt, und bildet „Struktur". Von hundert Blechen werden vielleicht 95 tadellos sein; in den fünfen aber, die von den Stellen herrühren, bei denen Luftbläschen sich in der Coquille angesammelt haben, häufen sie sich zu mehr oder weniger großen Nestern. Finden sich solche Stellen in einem Rohr oder in einem Blech, so werden sie sicher leicht rosten. Das ist auch bei dem Dampfkesselbau zu wenig beachtet, dafs die Luftnester des Coquillengusses auch die Stellen der nesterweisen, noch wenig aufgeklärten Rostbildung sind.*) Schmiedeiserne Rohre sind gut, solange sie aus unbedingt dichtem Material gemacht sind; alsdann werden sie dem Rosten einen großen Widerstand entgegensetzen — vielleicht nicht so groß wie beim Gufseisen. Aber wer bürgt dafür, dafs solche Nester nicht vorkommen? An der Oberfläche sind nur die ganz groben, d. h. die allerwenigsten zu erkennen.

Beim Gufseisen ist das nicht so gefährlich, denn das Rohr bricht, wenn es größere Luftblasen enthält, jene kleineren kommen aber kaum vor. Ich glaube, dafs man darauf sein Augenmerk mehr richten mufs, wie dies bisher geschehen.

Allerdings ist richtig, dafs z. Z. die Bauverwaltungen, auch in Berlin, viel Meinung für Schmiedeisen haben. Man wendet es an Stellen an, wo es vielleicht nicht hingehört, z. B. zur Unterführung von Kanalisationsrohrsträngen unter Wasserläufen hindurch. Wer garantiert dafür, wie lange diese Rohre halten? Erfahrungen liegen nicht vor. Man „meint" bloß, sie hielten länger, und legt sie deshalb ein, weil sie größere Elastizität haben; der Rostfrage geht man dabei einfach schön aus dem Wege, als ob sie garnicht existiere! Aber die Behörden müssen sich vorsehen. So hat bei der Unterdückerung des Steglitzer Hauptsammlers unter den Teltow-Kanal die Gemeinde Steglitz die dauernde Unterhaltungslast der Kanalverwaltung aufgebürdet, weil sie nicht sicher war, dafs man mit dem schmiedeisernen Rohre gute Erfahrungen machen würde; hierbei wäre auch eine Garantie von 25 Jahren kaum ausreichende Gewähr.

Die Erfahrungen sind nicht alt genug. Flufseisen mag gut sein, wo es hingehört; es wäre aber sicher nicht gerechtfertigt von 5 Atmosphären ab nur Flufseisen verwenden zu wollen. Noch Eins: Nichts hat Herr Janke darüber gesagt, wie sich seine Rohre im Innern gegen lufthaltige und Fäkalwasser halten. In dieser Beziehung hätte ich erwartet, etwas Neues und Gutes zu erfahren, bin aber enttäuscht, da sich Herr Janke lediglich auf das spezifische Gewicht berufen und verlassen hat.

---

*) Ich habe hier speziell u. a. den Artikel Kesselkorrosion in No. 42 Jahrg. XXVI der Mitteilungen aus der Praxis des Dampfkessel- und Maschinenbetriebes im Auge.

Digitized by Google

Herr Reusch, Direktor der Aktiengesellschaft Bergwerksverein Friedrich-Wilhelms-Hütte zu Mülheim a. d. Ruhr: Ich möchte nur kurz die Rostfrage streifen und die Versammlung aufmerksam machen auf die Versuche, die Ledebur in der neuesten Auflage seines Handbuchs für Eisenhüttenkunde auf Seite 296 wiedergegeben hat. Nach diesen Versuchen hat dunkelgraues Koksroheisen, nachdem es durch 65 Stunden der Einwirkung sehr verdünnter Schwefelsäure ausgesetzt war, 27,6 % seines Gewichts verloren, während weiches Schmiedeisen 88,6 %, also mehr als das Dreifache bei ganz gleicher Behandlung an Gewicht eingebüßt hat. Hätte Ledebur zu seinen Versuchen hellgraues Roheisen, wie solches für Gufsrohre Verwendung findet, genommen, so wäre der Versuch für Gufseisen noch weitaus günstiger ausgefallen.

Was nun den Kampf „hie Gufseisen, hie Schmiedeisen“ anbelangt, so wird dieser meines Erachtens nicht durch theoretische Erörterungen und Gutachten aus der Welt geschafft, sondern die Erfahrungen, die man mit den verlegten Röhren gemacht hat und in Zukunft machen wird, werden bei der Wahl des Materials ausschlaggebend sein. Die Erfahrungen, die bis heute für schmiedeiserne Röhren vorliegen, sind meines Erachtens nicht sehr ermutigend, während das Gufseisenrohr eine Lebensdauer von mehr als 200 Jahren nachweisen kann.

Ich habe hier auf den Tisch des Hauses einige Rohrstücke aus Gufseisen, die ein derartiges Greisenalter erreicht haben, niedergelegt. Sie sehen hier zunächst ein Rohr, das im Jahre 1790 in Homburg v. d. Höhe verlegt und im vorigen Jahre ausgegraben wurde. Das noch vollständig erhaltene Rohr lag über 110 Jahre in der Erde. Sie sehen weiter hier drei gufseiserne Rohrstücke, die aus Versailles stammen. Wie Ihnen bekannt, hat Ludwig XIV. in der Mitte des 17. Jahrhunderts, von 1660 bis 1680 die Versailler Wasserwerke erbaut. Dazu wurden ca. 24 000 m Gufsrohre verwendet. Sie hatten meist einen Durchmesser von 325 und 500 mm. Die hier vorliegenden Exemplare haben sämtlich länger als 200 Jahre in der Erde gelegen. Die ganze Wasserleitung ist heute noch, wie sie vor beinahe 250 Jahren verlegt wurde, im Betrieb, ohne dafs eine Auswechselung der Röhren notwendig gewesen wäre, und sie wird nach Ansicht der Fachleute noch mehrere 100 Jahre halten. Ich gebe zu, dafs der Boden dort für das Rohrmaterial besonders günstig ist.

Ich will noch einige Sätze aus einem Brief des Direktors der Wasserleitung in Versailles verlesen, woraus Sie das Nähere entnehmen wollen. In dem Briefe heißt es u. a.: „Die Wasserleitungsrohre, welche die Wasserkünste im Parke von Versailles speisen, sind von Gufseisen und datieren aus derselben Zeit, wie der Park selbst.“ Es kommen nun einige Bemerkungen über die Dimensionen der Röhren und die Bauzeit. „Diese Leitungen bestehen, — so heißt es weiter — aus Röhren von einem Meter Länge, mit verschraubten Flanschen verbunden. Sie haben ein bedeutendes Gewicht und funktionieren noch heute sehr gut. Die Reparaturen, welche daran vorkommen, werden nur durch den schlechten Zustand der schmiedeisernen Flanschenschrauben veranlafst, welche im Laufe der Zeit durch die Feuchtigkeit verrostet sind und Anlafs zu Undichtheiten geben.“

Ich glaube nicht, dafs irgend wo anders in der Welt Rohre aus irgend welchem Material so lange in der Erde liegen, wie dies speziell in Versailles der Fall ist.

Hätte Ludwig XIV. schmiedeiserne Rohre verlegt, so wären diese wohl längst den Weg alles Fleisches gegangen oder sie würden aussehen wie verschiedene schmiedeiserne Stücke, welche hier ebenfalls zur Ansicht aufliegen und die im günstigsten Falle 4 Jahre in der Erde gelegen haben.

Es dürfte die Herren noch interessieren zu erfahren, dafs für die Rohre in Versailles seiner Zeit ein Preis von ℳ. 2060 pro Tonne gezahlt wurde.

Meine Herren! Ich schliefse: „exempla trahunt".

Herr Generaldirektor Janke. Nach dem was wir eben gehört haben, wollen wir uns alle wünschen, noch 200 Jahre zu leben. Dann würden wir auch wohl Stücke von gewalzten Schmiedrohren auf dem Tische des Hauses sehen können, die noch gut erhalten sind. Im übrigen wenn hier einzelne Bravour-Gufseisenstücke vorgelegt werden, so tut es mir leid, dafs ich das nicht gewufst habe; sonst hätte ich eine ganze Kollektion von Schmiedeisenrohren mitgebracht, die zwar nicht Jahrhunderte (50 alt ist unsere Rohrtechnik noch nicht) wohl aber viele Jahrzehnte in der Erde gelegen haben und sich sehr gut gehalten haben. Ich will damit nicht sagen, dafs dafür andere Schmiedeisen-Rohre nicht zerfressen sind. Solche einzelne Stücke beweisen prinzipiell ja gar nichts, absolut nichts! In Helgoland z. B. sind schmiedeiserne Anker, Ketten usw. aus dem Meeresgrund hervorgeholt werden, die nachweislich seit dem 14. Jahrhundert im Meere gelegen haben und vorzüglich erhalten sind. Es trifft, was der Herr Vorredner sagt, nicht das, was ich behaupte und was der Herr Vorredner ja nicht ab — sondern nur umspricht, dafs für Leitungen mit **hohem Druck** und für Erschütterungen und Stöfse das zähe Material besser ist als das harte. Ich vergleiche das Gufseisen mit dem Glas-, das Schmiedeisen mit dem Gummi-Rohr. Das eine wird dem andern nichts tun, beide sind daseinsberechtigt, beide haben ihre bestimmten Verwendungszwecke.

Herr Heckmann, Direktor der Halbergerhütte zu Brebach a. d. Saar: Meine Herren! Zunächst möchte ich auf die letzte Bemerkung des Herrn Baurat Janke folgendes erwidern: Wenn man Beispiele aufzählt, bei denen hier ein schmiedeisernes Rohr dem Rosten standgehalten hat, dort nicht, während an anderer Stelle ein Gufsrohr dem Verderben anheimgefallen ist, so darf daraus kein allgemeiner Schlufs gezogen werden; man müfste damit zu Widersprüchen kommen, weil die Umstände bei den verschiedenen Beispielen nicht die gleichen waren. Diese Ungleichheit ist in dem Falle von Versailles ausgeschlossen. Hier sehen sie ein Gufsrohr und die zur Verschraubung dienenden schmiedeisernen Bolzen, die unter gleichen Umständen gleich lange in der Erde gelegen haben. Das Gufsrohr tut noch vollständig seine Schuldigkeit, die schmiedeisernen Bolzen aber sind verrostet und versagen den Dienst. Damit ist der Beweis geliefert, dafs Schmiedeisen in der That unter sonst gleichen Umständen stärker rostet als Gufseisen.

Hiernach gestatten Sie mir, auf die Meinung des Herrn Marinebaurates über das Rosten überhaupt etwas näher einzugehen. Dafs in der Frage der Rostsicherheit die Dichtigkeit des Materials eine gewisse Rolle spielt, ist wohl anzunehmen; dafs sie diese Frage aber vollständig beherrsche und die chemischen Unterschiede mit der Bemerkung

abgefertigt werden dürfen, dafs man davon nicht viel wisse, mufs ich bestreiten. Bei gleicher chemischer Beschaffenheit, z. B. wenn man aus einem Stahlblock, dann aus dem Knüppel und endlich aus der Schiene Rostproben schneidet, mögen die Unterschiede in der Dichtigkeit sich bemerkbar machen. Wenn man aber Gufseisen und Schmiedeisen bezüglich des Rostens miteinander vergleicht, so tritt die sehr erhebliche chemische Verschiedenheit dieser beiden Stoffe in den Vordergrund. Von der Wirkung dieser verschiedenen chemischen Beschaffenheit auf das Rosten wissen wir, entgegen der Meinung des Herrn Marinebaurat doch manches und schöpfen diese unsere Kenntnisse aus theoretischen Erwägungen sowohl, als aus praktischen Versuchen. In einem schweißbaren Eisen sind nur wenig fremde Beimengungen enthalten, unter Umständen nicht mehr als 0,2 %; das Gufseisen dagegen, wie wir es zu Röhren verwenden, enthält im Mittel 3,5 % C. dazu noch ebensoviel an Si. Mn. P. und sonstigen Beimengungen, im ganzen also 7 % fremde Stoffe. Sehe ich dabei von dem Graphit, ca. 3 %, ab, so bleiben doch noch 4 % chemisch gebundene Beimengungen übrig. Dies ist erheblich mehr als bei dem schweißbaren Eisen und es ist begreiflich, dafs diese chemische Verbindung, Gufseisen genannt, ein viel geringeres Bestreben hat, sich mit Sauerstoff zu verbinden, als das viel reinere schweißbare Eisen. Die chemische Verbindung, welche einen Teil des im Gufseisen gebundenen Kohlenstoffes enthält, das Karbid, wird von verdünnter Säure überhaupt nicht angegriffen und die Eisen-Kohlenstoff-Legierung, welche den Rest des gebundenen Kohlenstoffes enthält, zeigt deutlich einen stärkeren Widerstand gegen den Angriff von chemischen Substanzen als das reine Eisen.

Nunmehr möchte ich auf die hier hängende Tabelle hinweisen, welche einige Resultate von Rostversuchen enthält; dieselben sind einem Vortrag entnommen, den Herr Prof. Howe auf dem internationalen Kongreß zu Paris im Jahre 1900 gehalten hat, und der in den Mitteilungen jenes Kongresses veröffentlicht ist. (Siehe Tab. S. 37.)

Das Thema war nicht eigentlich „Schmiedeisen und Gufseisen", sondern „Schweißeisen und Flufseisen". Einige Beobachter haben aber auch Gufseisenproben mit herangezogen und dadurch ein für uns heute sehr wichtiges Vergleichsmaterial geschaffen. Die Ziffern von Krupp sind in den Auszug mit aufgenommen, weil sie dartun, dafs bezüglich der Rostgefahr ein erheblicher Unterschied zwischen weichem Stahl, Schweißeisen und mittelhartem Stahl nicht besteht.

Die Ziffern dieser Tabelle zeigen unzweideutig die Überlegenheit des Gufseisens über Schmiedeisen gegenüber der Rostgefahr.

Die Beobachtungen von Mallet ergaben folgende Verlustziffern durch Witterung:

für Gufseisen in Sand gegossen	2,88	gr.
„ „ „ Coquillen gegossen	0,98	„
„ Schmiedeisen, Mittel von 17 Versuchen . .	6,73	„
„ Stahl, „ „ 7 „ . .	5,71	„

also für Schmiedeisen und Stahl im Durchschnitt mehr als das Doppelte wie für Gufseisen in Sand gegossen. Bei den übrigen Arten der Beanspruchung liegen die Verhältnisse ähnlich, besonders bei dem unreinen Flufswasser und unreinem Meerwasser tritt das stärkere Rosten des Schmiedeisens recht deutlich hervor. Dasselbe wiederholt sich bei den Versuchen, die Thwaite angestellt hat und die auch in der Tabelle ver-

Digitized by Google

Auszug aus der von M. Howe zusammengestellten Übersicht über Rostversuche.

(Veröffentlicht in den Mitteilungen des internationalen Kongresses zu Paris 1900.)

Gewichtsverlust durch Rosten in Gramm pro Quadratdezimeter Oberfläche und Jahr.

Name des Beobachters	Material	Art der Beanspruchung						
		Witterung	Flufswasser rein	Flufswasser unrein	Meerwasser rein	Meerwasser mit Kanalwasser	Rauchgase	Hochofengase
Mallet	Gufseisen in Sand gegossen	2,88	0,49	1,37	3,87	3,56		
-	Gufseisen in Coquillen	0,98	0,49	1,42	3,56	3,12		
-	Schmiedeisen normal	3,95	1,02	2,78	4,84	6,25		
-	Schmiedeisen Mittel von 17 Versuchen	6,73	0,63	7,71	5,90	10,49		
-	Stahl Mittel von 7 Versuchen	5,71	0,63	6,10	5,22	10,45		
Thwaite	Gufseisen	2,61			3,42	3,51		
-	Schmiedeisen	6,73			5,91	10,50		
-	Stahl diverse Sorten	6,71			5,22	10,45		
			Luft feucht und warm					
Krupp	weicher Stahl nach 10jähr. Versuchen	3,43	5,80					
-	Schweifseisen - - -	4,24	6,21					
-	Federstahl - - -	3,19	7,37					

zeichnet stehen; auch hier wird Schmiedeisen und Stahl viel stärker, an Stellen mehr als doppelt so stark angegriffen wie Gufseisen.

Sie sehen also, meine Herren, dafs der Einflufs der chemischen Verschiedenheit zwischen Gufseisen und Schmiedeisen ein sehr erheblicher und stark ausgeprägter ist. Die Dichtigkeit, auf die der Herr Marinebaurat den Hauptnachdruck legt, kommt dagegen gar nicht zur Wirkung.

Nun möchte ich noch etwas hinzufügen. Sie sehen, meine Herren, aus der Tabelle, dafs Gufseisen in die Coquillen gegossen unter dem Einflufs der Witterung sehr viel weniger gerostet ist, als das in Sand gegossene Eisen. Es hängt dies mit der schnellen Abkühlung des Coquilleneisens zusammen und diese Abkühlungsverhältnisse lassen bei unsern Gufsröhren ähnliche Unterschiede, wenn auch in geringerem Maße, entstehen. Hiermit komme ich zu dem, was der Herr Marinebaurat über Gufskruste und Walzhaut gesagt hat. Es ist schon gesagt worden, dafs die Walzhaut als Rostschutzmittel nicht besonders in Betracht kommt. Ich kann dieserhalb auf die „Mitteilungen aus der königl. technischen Versuchsanstalt zu Berlin", Jahrgang 1902, hinweisen und zwar auf den „Bericht über vergleichende Untersuchungen von Schweißeisen und Flufseisen auf Widerstand gegen Rosten." Hier hat man u. a. Rostversuche mit angestrichenen Blechen gemacht und zwar wurden die Bleche teils vor

Digitized by Google

dem Anstreichen von der Walzhaut befreit, teils roh gestrichen. Das Ergebnis war, dafs sich das Vorhandensein oder Fehlen der Walzhaut „ohne nennenswerten Einfluſs erwies."

Nun hat der Herr Baurat gesagt, die Gufskruste sei etwas ähnliches wie die Walzhaut an seinen Rohren. Um dies zu illustrieren, habe ich mir erlaubt, einen Ringabschnitt eines durchgebrochenen Gufsrohres mitzubringen, an dem die ringförmige Bruchstelle zu sehen ist.

Man mufs nun folgendes beachten: Wenn flüssiges Gufseisen sich abkühlt, so scheidet beim Erstarren Graphit, nachher das schon erwähnte Karbid aus und der Rest des Kohlenstoffes bleibt als Härtungskohle gleichmäßig an das übrige Eisen gebunden. Erfolgt die Abkühlung langsam, so scheidet sich viel Graphit und Karbid ab, erfolgt sie schnell, so ist die Menge des abgeschiedenen Graphits und Karbids geringer, die der Härtungskohle größer. Das Eisen selbst bekommt in letzterem Falle hellere Farbe, feineres Korn, größere Härte und, für uns das Wichtigste, größere Widerstandsfähigkeit gegen Rosten. Die in der Tabelle enthaltenen geringen Verlustziffern für das in Coquillen gegossene Eisen beweist dieses. Eine solch beschleunigte Abkühlung findet nun bei Gufsrohren an den Außenflächen der Rohrwände statt und zwar infolge der Abkühlung durch die Gufsform. Das Ergebnis ist ein graphitischerer Kern, beiderseits eingefafst durch hellgraue feinkörnige Schalen von großer Widerstandsfähigkeit gegen Rostangriffe; letztere sind die Gufskruste. Die Gufskruste ist keine dünne Haut, die dem Rohre mit geringer Adhäsion anhaftet, sondern ein Panzer, der dem Kern fest aufgewachsen ist, von erheblicher Dicke, in vorliegendem Falle auf 3 mm Dicke deutlich zu erkennen. Von da beginnt der Übergang in das dunklere Material des Kernes.

Der Vergleich dieser Gufskruste mit der Walzhaut der Schmiedeisenrohre war ganz und gar unzutreffend.

Dann möchte ich noch mit wenigen Worten die Stellung berühren, die der Herr Baurat Janke gegenüber dem Schutzanstrich einnimmt. Auch wir legen auf einen guten Schutzanstrich Wert, dem aber stimmen wir nicht bei, dafs der Schutzanstrich die Hauptsache sei, die Rostsicherheit des darunter befindlichen Materials aber nicht in Betracht komme. Wir stehen im Gegenteil auf dem Standpunkt, dafs die Rostsicherheit des Rohres alles ist und dafs es bis jetzt keinen Schutzanstrich gibt, der länger als eine beschränkte Reihe von Jahren standhält. Herr Baurat Janke mufs ja wohl Erfahrungen darin besitzen, denn er garantiert ja im Vertrauen auf seinen Schutzanstrich 25 Jahre für seine Rohre.

Allerdings, möchte ich hier einschalten, sind 25 Jahre keine Lebensdauer für eine Rohrleitung. Stellen Sie sich, meine Herren, einmal vor, welche Mengen von Gufsrohren von den vielen großen Gießereien, die sich mit dem Artikel befassen, alljährlich geliefert werden und stellen Sie sich ferner vor, dafs es zulässig sei anzunehmen, dafs nach 25 Jahren alle diese Rohrmengen verrostet seien, dafs alle die Behörden und Gemeinden, welche die Sorge und Arbeit des Planens und Bauens ihrer Wasserleitung heute abgeschlossen haben, in 25 Jahren von neuem in alle diese Wasserleitungssorgen eintreten müfsten. Meine Herren! Das würde ohne Zweifel abschreckend wirken und

die Wasserleitungen in Mifskredit bringen. Eine Garantie von 25 Jahren halte ich für bedeutungslos.

(Herr Marinebaurat Janke: Wieviel Jahre garantieren die Gufsrohrwerke?)

Bei uns ist eine solche Garantie weder üblich noch nötig. Unsere Kundschaft nimmt stillschweigend und mit Recht an: Wenn man aus Gufsrohren eine Leitung baut, dann hat man eine; nicht nur 25 Jahre lang, sondern dauernd.

Nur, weil der Herr Marinebaurat dem Schutzanstrich einen so großen Wert beilegt, möchte ich mir erlauben, die von ihm beschriebene Methode kritisch zu betrachten. Ich nehme nämlich Anstoß daran, dafs in der Blauhitze, also bei einer Temperatur bis zu etwa 320°, ein Teerauftrag gemacht wird. Diese Temperatur ist zu hoch. Der Teer verliert dabei alle Zähigkeit, wird spröde und blättert und springt ab, besonders von einem dünnwandigen und biegsamen schmiedeisernen Rohr. Ein guter Teeranstrich soll, wenn er erkaltet ist, nicht abblättern und nicht kleben. Diese einfache Vorschrift umspannt zwischen ihren Grenzen die hauptsächlichen physikalischen Anforderungen, die an eine gute Teerung zu stellen sind.

Hier in diesem Fläschchen sehen Sie den Rückstand einer Teerdestillation, die bei 350° unterbrochen wurde. Das Material ist vollständig hart und spröde; Sie hören das Klappern der Stückchen, wenn ich das Gläschen schüttele. Dieses Material ist nicht zu gebrauchen, es ist überhitzt und wird abblättern. Der Teer mufs noch eine gewisse Zähigkeit haben, wie der in diesem zweiten Fläschchen, der bei 240° gewonnen ist. Eine geringere Temperatur ist noch besser. Sie sehen, dafs dieser Teer Faden zieht, wenn ich den Stöpsel abhebe. In heifsem Zustand ist er ganz dünnflüssig, haftet dünn und fest an dem Rohre und wenn dieses erkaltet und der Teer noch etwas nachgehärtet ist, bildet er einen guten Überzug.

Bei der hohen Temperatur der Blauhitze ist hiernach ein guter Teeranstrich nicht zu erhalten.

Auf manche andere Punkte aus der Rede des Herrn Marinebaurat Janke möchte ich noch antworten, fürchte aber, dafs meine Erörterungen zu weit führen. Dagegen jedoch mufs ich noch protestieren, dafs gesagt worden ist: „Gufseisen ist spröde, folglich möge es verschwinden“. Mit dieser absoluten Bezeichnung „spröde“ ist die Sache denn doch nicht erledigt. Allerdings ist nicht zu bestreiten, dafs Gufseisen viel weniger zähe ist, als Schmiedeisen, aber ein gewisses Maß von Zähigkeit wohnt ihm doch inne. Diese Zähigkeit findet ihren lebendigen Ausdruck in der Durchbiegung der Probestäbe bei Biegeproben. Bei diesen Biegeproben, die in großer Zahl von uns vorgenommen werden, erzielen wir mit Röhreneisen Biegungsfestigkeiten von 2600—2800 kg pro qcm und Durchbiegungen des 1 m langen Stabes von 18—22 mm. Diese Durchbiegung ist nicht unerheblich, und wer solchen Biegungsproben zuschaut, gewinnt aus der Größe der Durchbiegung von 22 mm eine sehr anschauliche Vorstellung von der Zähigkeit, welche das Gufseisen in der Tat besitzt. Es ist also nicht spröde schlechthin, sondern es hat nur eine beschränkte Zähigkeit. Auf dieser Zähigkeit beruht die vielseitige Verwendung des Gufseisens im Maschinenbau, zu Pumpen- und Dampfzylindern, Zahnrädern, ferner zu Säulen usw.

Digitized by Google

Ferner möchte ich mich noch ganz kurz mit dem Punkte befassen, den der Herr Marinebaurat gleichsam als den geschichtlichen Ausgangspunkt für die Verwendung schmiedeiserner Röhren hinstellte, nämlich: Strombett-Durchführungen (Düker), Hochdruckleitungen, Brückenleitungen und anderes. Es wurde gesagt, dafs bei diesen Konstruktionen das Bedürfnis nach besonderer Zuverlässigkeit zur Verwendung von Schmiedeisen geführt habe. Ich halte dies nicht für zutreffend: Die große Leichtigkeit des Versenkens und Verlegens, die bei einem langen leichten schmiedeisernen Rohr gegenüber dem schweren Gufsrohr ganz erheblich ist, ist meiner Meinung nach bei der Wahl des Schmiedeisens zu Dükerrohren entscheidend gewesen. Dafs ein solches langes Rohr, wenn es nun in seinem Bett liegt, dort in besonders vollkommener Weise untergebracht sei, kann ich nicht finden. Die Rille, die man in das Flufsbett reißen mufs, wird selten so geradlinig ausfallen, dafs das Rohr überall aufliegt; es wird schlecht gelagert sein, und es kann hieraus wohl die Gefahr einer Katastrophe entspringen, besonders wenn erst der Rost die Wandungen des Rohres geschwächt hat. Eine vollendete Lösung nach jeder Richtung ist also diese Verwendung des schmiedeisernen Rohres nicht.

Es ist auch nicht richtig, wenn gesagt worden ist, dafs man für die erwähnten Konstruktionen immer schmiedeiserne Röhren verwendet hat. Die Halbergerhütte hat eine ganze Reihe gufseiserner Dükerröhren geliefert, die sich bestens bewährt haben. Es wurden dabei in entsprechenden Entfernungen Gelenkmuffen eingeschaltet, durch welche Ungleichmäßigkeiten beim Absenken sowohl wie beim Lagern des versenkten Rohres ausgeglichen werden. Die Lagerung solcher Gelenkröhren im Flufsbette ist in der Regel jedenfalls eine bessere und zuverlässigere, als sie sich mit langen schmiedeisernen Röhren erzielen läfst. Ich habe hier Zeugnisse über solche Leitungen vorliegen, die ich Ihnen vorlesen könnte, aber ich meine, dafs das nicht notwendig ist. In ähnlicher Weise sind von der Halbergerhütte Brückenröhren ausgeführt, man hat auch dort Kugelmuffen, unter Umständen auch Muffen mit Gummiringen eingeschaltet. Auch diese Ausführungen haben sich seit Jahren bewährt.

Was endlich Hochdruckleitungen anbelangt, so verweise ich auf einen Aufsatz im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Es ist dort von Herrn R. Meyer-Gerlafingen vorgetragen worden, dafs in der Schweiz Hochdruckleitungen aus gufseisernen Röhren in großer Zahl ausgeführt worden sind und zwar bis zu Lichtweiten von 450 mm und Drucken bis zu 60 Atmosphären; hierbei sind weder beim Bau noch im Betrieb ernsthafte Schwierigkeiten entstanden, vielmehr haben sich alle Leitungen bewährt und zu Klagen keinen Anlafs gegeben.

Meine Herren! Wenn Herr Baurat Janke im Verlauf seines Vortrages sagte, es könne wohl keinem Techniker zweifelhaft sein, dafs schmiedeiserne Röhren an Sicherheit und Tüchtigkeit dem Gufsrohr überlegen seien, so hoffe ich mit Vorstehendem dargetan zu haben, dafs man allen Grund hat, die Richtigkeit dieses Ausspruches zu bezweifeln.

Herr Generaldirektor Janke: Ich knüpfe zunächst an die Schlufsbemerkung an. Das ist von mir nicht behauptet worden. Ich habe immer nur behauptet, dafs

das Schmiedeisenrohr Eigenschaften hat, die das Gufsrohr nicht haben kann, und nach keiner Richtung hat der Herr Vorredner in seiner sehr langen Rede auch nur mit einem einzigen Wort diese Tatsache widerlegt.

(Direktor Heekmann: Ich habe niemals behauptet, dafs das Gufseisen dieselben Eigenschaften hat wie Schmiedeisen!)

Also sind wir einig und kommen zu dem Schlufs: nicht überall da, wo man Schmiedeisen verwendet, kann auch Gufseisen verwendet werden. Ich möchte fragen — es sind wohl eine ganze Menge Maschinenbauer anwesend — ob einer von den Herren weiß, dafs jemals ein gegossenes Dampfrohr verwendet worden ist. (Zurufe: Doch! Früher!) — Gut, lassen wir das „Früher" einmal gelten, das ich nicht kenne; heute werden nur Dampfrohre aus zähem Material oder, ich will sagen, aus zäherem Material und nicht aus Gufseisen verwendet.

Der Herr Vorredner sagte, dafs Gufseisen sich in Seewasser besser hält als gewalztes Eisen, und hat auf die Versuche in Meerwasser hingewiesen. Das steht auf dem Papier. Ich habe 16 Jahre in meinem Leben in der Marineverwaltung gedient und wir haben sehr eingehende Versuche gemacht. Ich behalte mir vor, bei nächster Gelegenheit hier ebenfalls mit statistischem Gegenbeweis-Material aufzutreten. Ich kann heute nur sagen, dafs ich das Gegenteil von dem, was hier steht, in der Praxis gefunden habe.

M. H., dafs der Hammerschlag gar nichts nützen soll, widerspricht den Erfahrungen, die wir in der Marine gemacht haben. Wir haben ihn früher weggebeizt und lassen ihn jetzt vorsorglich darauf.

Dann geht der Vorredner vom Gufsrohrfache von der Ansicht aus, dafs der Anstrich der schmiedeisernen Rohre falsch angebracht wird. Ich danke ihm für die Belehrung im Namen aller Schmiedrohr-Fabrikanten; indessen er hat mich falsch verstanden. Ich habe wörtlich gesagt: „dafs man das Rohr so weit abkühlen lassen mufs, dafs man den Anstrich anbringen kann, **ohne ihn zu verbrennen;**" denn ich weiß auch, dafs der Teer sonst entflammt und ich kann dem Herrn Vorredner die Beruhigung zu teil werden lassen, dafs ich viele Tausende von Tonnen schmiedeiserner Rohre nach meinem Verfahren zur größten Zufriedenheit meiner Herrn Abnehmer mit Anstrich nach meiner Methode versehen habe.

Ich habe aber zum Schlufs entnehmen müssen, dafs man des längeren immer wieder auf die Rostfrage kommt. Ich habe ausdrücklich erklärt: aus dem Gutachten geht hervor, wie ich in meinem Vortrag dargetan habe, dafs die Existenz von geschweißten Schmiedeisenröhren überhaupt nicht von der Rostfrage allein abhängt.

M. H., ich bin heute hier allein, Sie sind in geschlossener Phalanx da. Ich bedaure, dafs nicht mehr Herren von meiner Branche anwesend sind, da meine Kraft zu sprechen anfängt zu ermüden. Aber ich habe niemals gesagt, dafs die Existenz der schmiedeisernen Rohre nur berechtigt ist wegen des **Nicht**-Rostens. Ich habe gesagt, dafs sie zäher und für bestimmte Fälle besser sind. Alles, was Sie auch dagegen sagen, wird durch die Praxis widerlegt, und durch die große Nach-

frage, so auch hier in Berlin. Nun können Sie kommen und so viel beweisen wie Sie wollen, dafs Ihre Rohre weniger rosten; das trifft den Kern der Sache ja nicht, denn auf dem größeren oder geringeren Rosten beruht nicht die Entscheidung der von mir aufgeworfenen Frage, sondern darin, dafs wir Schmiedeisen- und Gufseisen-Rohrfabrikanten eine Einigung bilden und zur Klärung der Auffassung gelangen sollten: dies Rohr ist für diesen Fall besser und jenes Rohr für jenen Fall — nicht aber, dafs wir darum herumstreiten, welche Rohr-Fabrikationsart allein daseinsberechtigt ist. Ich denke, wir wollen hier in den ehrwürdigen Räumen eines technisch-wissenschaftlichen Vereins streng objektiv uns unterhalten!

Herr Falk, Prokurist der Deutsch-Österreichischen Mannesmannröhren-Werke in Düsseldorf: Es ist schon sehr spät geworden, weshalb ich Ihre Zeit nicht all zu lange in Anspruch nehmen darf.

Ich möchte daher hauptsächlich auf die Rostfrage zurückkommen.

Die Herren von den Gufsrohrwerken wollen ihre Behauptung, dafs die Gufsrohre rostsicherer sind als schmiedeiserne Rohre und Stahlrohre theoretisch und praktisch beweisen. Ich erachte zunächst die theoretischen Versuche und die hier vorgeführten Tabellen für nicht maßgebend.

Sie weisen nun aus der Praxis nach, dafs Ihre Rohre 150 und sogar 200 Jahre gehalten haben. Ich glaube, dafs in vereinzelten Fällen unter sehr günstigen Umständen die Rohre noch älter werden können.

Andererseits ist an der Tatsache nichts zu ändern, dafs sie sich unter günstigen Umständen nur verhältnismäßig kurze Zeit halten. Vor etwa 150 Jahren führte u. a. auch die Stadt Breslau statt der bis dahin allgemein gebräuchlichen Holzrohre versuchsweise gufseiserne Rohre ein. Die Herren können darüber Näheres in dem Werke von Grahn „Wasserleitungen im Deutschen Reiche“ nachlesen. Die Stadt Breslau sah sich genötigt, nach kurzer Zeit die Gufsrohre wieder durch Holzrohre zu ersetzen, weil die ersteren zu schnell verrosteten.

Dieselbe Rostfrage, die Sie heute für sich, gegen das schmiedeiserne Rohr geltend machen, hat damals zunächst die Einführung der Gufsrohre vergrößert. Das technisch Bessere wurde auch damals zunächst zurückgewiesen. Die Frage Gufseisen oder Holz ist übrigens teilweise heute noch nicht erledigt.

Bei Soleleitungen wird heute noch das Holzrohr dem gufseisernen Rohr vorgezogen, wie den Herren bekannt sein wird.

Muspratt sagt in seinem Werk über Chemie ganz deutlich, dafs Gufsrohre von Sole sehr scharf angegriffen werden, dafs salzhaltiger Boden gufseiserne Rohre schnell angreift ist ebenfalls bekannt; z. B. hat die Stadt Altenburg Straßen in denen die Gufsrohre infoge des kalk- und kochsalzhaltigen Bodens stark angegriffen werden.

Mit diesen einzelnen Fällen, die beliebig vermehrt werden können, wollen wir jedoch durchaus nicht beweisen, dafs das Gufsrohr allgemein schnell rostet. Ebensowenig dürfen Sie aber umgekehrt aus etwaigen Fällen, in denen schmiedeiserne Rohre unter ungünstigen Umständen durch Rost angegriffen worden sind, für sich Kapital schlagen.

Gufseisen hält gut in günstigem Boden, Schmiedeisen ebenso. In weniger günstigem Boden kommt es vor allem auf die Art des angewendeten Rostschutzes an. Bisher lagen nun die Verhältnisse für beide Fabrikate zumeist verschieden.

Die kleinen Abmessungen schmiedeiserner Rohre für Gas- und Wasserleitungen, wie sie im Handel vorkommen, sind gegen Verrosten durch Verzinken geschützt. Dieser Schutz hat sich in ungünstigen Fällen nicht bewährt. Seitdem die schmiedeisernen Rohre genau wie die Gufsrohre heiß asphaltiert werden, bewähren sie sich; nachträgliche Umhüllung mit asphaltierter Jute schützt sogar in ungünstigem, den Gufsröhren gefährlichem Boden.

Der Fall, den Herr Baurat Herzberg erwähnt hat, dafs gufseiserne Rohre nach 50 Jahren gut aus dem Boden herausgekommen sind, die gleichzeitig verlegten schmiedeisernen Rohre nicht, beweist nur, dafs die gufseisernen Rohre besser geschützt waren als die schmiedeisernen.

Sie werden häufig Gelegenheit haben, in der Praxis Gufsrohre zu sehen, die gebrochen sind und scheinbar noch die volle Substanz haben; diese Rohre mögen 30, 40 oder 50 Jahre im Boden gelegen haben. Wenn Sie dieselben genauer untersuchen, so finden Sie häufig die überraschende Erscheinung, dafs Sie das Material mit dem Messer schneiden können. Die mehrfach erwähnten chemischen Untersuchungen haben daher nicht die ihnen beigelegte Beweiskraft; das Material ändert sich im Boden.

Es gibt Gufsrohre, die 100, 150 und 200 Jahre gehalten haben, an anderen Stellen zeigten sie nur eine Lebensdauer von 10 oder 12 Jahren. Andererseits gibt es Fälle in denen schmiedeiserne Rohre unter gutem Schutz sich 30 Jahre gut gehalten haben; danach kann man schliefsen, dafs sie unter gleichen Verhältnissen ebenso lang wie Gufsrohre halten werden.

Herr Baurat Herzberg erwähnte, dafs die Stadtverwaltungen gar keine oder höchtens 1—2 % Abschreibungen auf ihre Rohrnetze machten. Das zeigt allerdings ein hohes Vertrauen auf die Dauerhaftigkeit der Gasrohre.

Ich glaube jedoch nicht, dafs man in den meisten Städten mit 1—2 % Abschreibungen durchkommt. Man darf nicht bestimmt mit einer Lebensdauer von 100 oder mehr Jahren rechnen.

Durchschnittlich werden die Städte, die schon 40 oder 50 Jahre Gufsrohre liegen haben, die Beobachtung machen, dafs die Rohre zwar scheinbar nicht besonders verrostet sind; aber sie brechen leicht; das ist ein Morschwerden des Materials. (Zuruf des Herrn Kommerzienrat Boecking: Beweis! Das Stück da ist schon über 200 Jahre alt!)

Gewifs, das gebe ich Ihnen vollständig zu, Herr Kommerzienrat, es gibt solche Fälle, wo das Rohr 200 vielleicht auch 300 Jahre hält; es gibt aber auch andere ungünstige Fälle.

Ich nannte Ihnen bereits Altenburg, ich kann Ihnen u. a. noch Orlamünde nennen. In diesem Ort hat man vor etwa 25 Jahren eine Gufsrohrleitung verlegt, diese Leitung ist so schnell verrostet, dafs man genötigt war, sie im letzten Herbst durch eine Leitung aus Mannesmann-Stahlrohr zu ersetzen.

Wir wollen solche Einzelfälle jedoch keineswegs verallgemeinern.

Man darf nicht sagen, das eine Rohrfabrikat ist gut, das andere mufs rosten, sondern es mufs heißen: in gutem Boden und gut geschützt halten beide Sorten gut.

Einer der Herren Vorredner hat erwähnt, dafs die Stadt Wien die gufseisernen Rohre prinzipiell ohne Rostschutz verlegt. Es dürfte Ihnen jedoch bekannt sein, dafs an einigen Stellen von Wien die Gufsrohre schnell zerstört werden. An denselben Stellen haben sich Mannesmann-Stahlrohre gut gehalten. Es ist das ein Beweis, dafs die Gufsrohre den Rostschutz in diesem Falle durchaus nicht entbehren konnten.

Meine Herren! Ich komme zum Schlufs. Ich wollte nur das Licht wieder etwas gleichmäßiger wie es bisher in der Debatte geschehen ist, auf beide Rohrsorten verteilen.

Herr Prof. Dr. Wüst-Aachen: Ich will nur kurz hinweisen auf das verschiedene Verhalten von Schmiedeisen- und Gufseisenröhren gegenüber vagabundierenden Strömen. Soviel mir aus der Literatur bekannt ist, halten sich schmiedeiserne Rohrleitungen darin sehr schlecht. In Amerika sind darüber verschiedene Versuche angestellt worden, die ergeben haben, dafs die schmiedeisernen Rohre früher als die gufseisernen durch die vagabundierenden Ströme zerfressen worden sind.

Herr Giebeler, Ingenieur der Berliner Wasserwerke: Die Herren Produzenten schmiedeiserner und gufseiserner Rohre haben sich so eingehend über ihre Produkte ausgesprochen, dafs Sie mir wohl als Vertreter der Berliner Wasserwerke, eines Hauptkonsumenten derartiger Produkte, aus ca. 25jähriger Erfahrung einige Mitteilungen über die praktische Erprobung derselben gestatten.

Das älteste schmiedeiserne Rohr, ein genietetes, das meines Wissens bei dem Bau der Berliner Wasserwerke zur Verwendung kam, wurde von der damals englischen Gesellschaft an der jetzigen Schillingsbrücke im Jahre 1855 durch die Spree verlegt. Eigentlich ist es, wie mir Herr Direktor Gill erzählte, durch einen kleinen Unfall bei der Verlegung in die Spree in seine Lagerstelle gefallen. Es liegt aber heute noch im Betriebe. Das Rohr ist ca. 100 m lang und hat 30" englische (762 mm) lichte Weite. Ein zweites größeres Rohr von 24" engl. (610 mm) lichter Weite und ca. 24 m Länge wurde in demselben Jahre an der Rofsstraßenbrücke verlegt und im Jahre 1900 beim Bau der neuen Brücke beseitigt. Ein drittes größeres Rohr liegt seit 1865 an der Köpenicker Brücke (610 mm Durchmesser 24 m lang).

Alle diese Rohrleitungen haben sobald als möglich Reserveleitungen durch Rohrüberführungen auf Brücken erhalten.

In reichlicherem Maße mufsten bei den Erweiterungsbauten 1875—1877 schmiedeiserne genietete Rohre verwendet werden. Auf der Strecke Tegel-Charlottenburg liegen 2 Stück von je 910 mm lichter Weite und ca. 58 m Länge durch den Berlin-Spandauer Schiffahrtskanal und 2 Stück von ca. 109 m Länge durch die Spree bei Fürstenbrunn, von denen auch eins bei der Verlegung durch Reißen einer Kette zuerst hineingestürzt war. Zwischen Charlottenburg und Berlin wurden solche Rohre über die Eisenbahnen bei Westend, durch den Landwehrkanal in Charlottenburg, durch den Schafgraben im Tiergarten, durch die Spree im Zuge der Stromstraße und durch den Berlin-Spandauer Schiffahrtskanal am Hamburger Bahnhof verlegt.

Von diesen Rohren sind zwei wieder herausgenommen worden, und zwar das am Hamburger Bahnhof unter meiner persönlichen Leitung. Dieses Rohr hat vom August 1877 bis Juni 1883 gelegen. Es ist ein stark gebogenes, schmiedeisernes genietetes Rohr von 800 mm lichter Weite und 13 mm Wandstärke. Ich habe dasselbe sofort nach dem Herausnehmen untersucht. M. H., das sah allerdings nicht so aus, dafs man ermutigt werden konnte, weiter noch schmiedeiserne Rohre zu verwenden. Ich habe mir das so genau angesehen, dafs es mir noch in lebhafter Erinnerung ist. Ich besitze sogar noch Rostknollen aus demselben. Diese saßen auf dem ganzen Umfang verteilt und ließen nach leichter Ablösung mit der Messerspitze eine kleine kraterartige Vertiefung erkennen, die, mit lockerem Rost gefüllt, im Grunde einen kleinen hellweißen Fleck von ungefähr 1 qmm Größe zeigte. Diese Knollen waren sehr häufig, und die Einrostung war so tief, dafs an einzelnen Stellen das ursprünglich 13 mm starke Blech nur noch 5—6 mm Stärke hatte. Das Rohr war innen und außen mit sogenannter Eisenmennige gestrichen. Außen, insbesondere soweit es in dem Grunde gelegen, war die Farbe nur matt, wie nach längerem Liegen im Freien; innen war der Überzug gänzlich verschwunden. Das Rohr wurde auseinandergenietet und die Bleche zu Karrbahnen verwendet. Vor 2 Jahren ist etwas weiter nach Charlottenburg hin, woher das Wasser kommt, das zweite Rohr aus der Spree im Zuge der Stromstraße unter der jetzigen Lessingbrücke herausgenommen worden. Dieses Rohr habe ich auch untersucht. Das Resultat war ein ganz anderes. Dieser ca. 100 m lange und 910 mm weite Rohrstrang, bestehend aus 6 geraden Stücken von 9—20 m Länge und 2 flachen Doppelbogen von ca. 5 m Bauhöhe, zeigte 3 verschiedene Arten der äußeren Erscheinung. Die ständig im Wasser gelegenen Teile zeigten äußerlich das bei dem vorigen geschilderte Aussehen, aber mit mehrfach tieferen Roststellen rundlicher und länglicher Form. Der Anstrich war ziemlich gut erhalten. Es war jedenfalls sogenannte Eisenmennige; denn die chemische Untersuchung auf Blei mit Schwefelwasserstoff zeigte nicht die charakteristische schwärzliche Reaktion. Ich meine, wenn Blei in dem Anstrich gewesen wäre, hätte dieses nicht ganz verschwinden können. Auch ist anzunehmen, dafs bei der Herstellung des Anstrichs aus Gründen der Billigkeit Eisenmennige verwendet worden ist. An den Stellen der beiden Doppelbogen, die unter dem Einflusse des wechselnden Spreewasserspiegels gestanden hatten, war das Rohr mit einer zementartigen Kruste überzogen, die sich nur schwer abklopfen liefs. Unter dieser Schicht wurde das Eisen in graublauer Färbung sichtbar und zeigte sich nur sehr wenig angerostet. In den beiden Endteilen des Stranges, die nur in der Erde gelegen, war das Rohr teilweise noch mit dem Anstrich bedeckt, zum anderen Teil mehr oder weniger angerostet. Im Inneren war der Anstrich wie bei dem Rohr am Hamburger Bahnhof vollständig verschwunden. Innen wie außen zeigten sich außer den bereits erwähnten tieferen Roststellen handgroße Abrostungsstellen von 2 bis 3 mm Tiefe.

Alle diese Rostschäden erschienen mir jedoch bei den ca. 13 mm starken Blechen nicht so bedenklich, dafs die Rohre nicht weiter verwendbar wären, und sind dieselben dann auch kürzlich, aber in günstigerer Lage wieder verlegt worden. 2 Stück liegen

in einem Tunnel unter der elektrischen Hochbahn und die übrigen in einer Rohrbrücke über dem Eisenbahngleise der Ost- und Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn.

Diese Rohrbrücke dient zugleich als Schutzkasten für die Umhüllung des Rohres gegen etwaiges Einfrieren und ist so schmal und niedrig gehalten, als zum Verschrauben der Block eben erforderlich ist. Andere Brücken waren offen und das aufliegende Rohr mit einem ca. 100 mm weiten Blechmantel umgeben, der durch einen Lattengürtel in gleichmäßigem Abstand gehalten wurde.

Die Doppelbogen, die von der Brücke in die Erde führen und die zugleich als Expansionsbogen dienen, sind ganz in Sand gebettet, sodafs die Rohre in dieser außen möglichst wasserfreien Lage noch weitere 25 Jahre halten können, wenn sie wollen. Im übrigen ist auch hier für einen Reserveumlauf gesorgt.

M. H.! Es ist heute abend so viel von dem Überzug der Rohre gesprochen worden, dafs ich mir dazu noch einige Bemerkungen erlauben möchte.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, hat im Innern der schmiedeisernen Rohre kein Anstrich gehalten. Im Jahre 1885 ca. habe ich einmal ein 235 mm weites verzinktes Eisenrohr verwendet. Dieses hat sich gut bewährt, trotzdem der Graben, durch den es gelegt war, die schlimmsten Schmutzwässer führte. Das Rohr war aber so teuer, dafs von weiterer Verwendung ähnlicher Rohre Abstand genommen worden ist.

Die Rohre aus der Spree waren nach der Reinigung mit sogenanntem Atiodon gestrichen worden. Dieser Anstrich ist aber schon vor der Wiederverwendung der Rohre wieder abgeblättert und deshalb wieder Eisenmennige zum äußeren Anstrich verwendet worden, innen sogenannter Asphaltlack. Andere schmiedeiserne Rohre wurden außen und innen mit Asphaltlack oder Eisenmennige gestrichen.

M. H.! Mit dem Überzug eiserner Wasserleitungsrohre ist das eine eigene Sache. Für gufseiserne Rohre ist diese Frage durch das englische Patent des Dr. Angus Smitt vom Jahre 1848 ausgezeichnet gelöst, und diese Art des rostschützenden Überzuges bis heute nicht übertroffen worden. Nach dieser Methode sollen die gegossenen, gereinigten und im Gusse für gelungen erachteten Rohre in Wärmeöfen bis auf ca. 150° Celsius erwärmt und dann in einem Kessel, der mit einer Mischung von geschmolzenem destillierten Steinkohlenteer, Perunaphthalin und Leinöl gefüllt ist, eingetaucht und so lange darin belassen werden, bis ein vollständiger Ausgleich der Temperatur des Rohres und der Asphaltmasse stattgefunden hat. In dieser Weise sind ein großer Teil der Rohre, die für die Berliner Wasserwerke in den Jahren 1775—77 aus Schottland bezogen werden mufsten, überzogen, und ist auch ein Teil der im Jahre 1868 von der Eisengiefserei Freund in Charlottenburg gegossenen Rohre nach den persönlichen Angaben des Herrn Direktor Gill so behandelt worden.

Aus der mit diesen letzteren Rohren hergestellten Leitung habe ich im Jahre 1876 behufs Herstellung einer Verbindung mit den neuen Strängen ein Stück herausschneiden lassen. Hierbei zeigten sich nach 8 Jahren die Rohre innen und außen so, als wenn sie kurz vorher verlegt worden wären.

Leider wird diese Methode bei der Herstellung großer Massen von Rohren nur wenig angewendet, und mufs deshalb von den Wasserwerken mit weniger gut geschützten Rohren vorlieb genommen werden.

Aus diesem Grunde sind bei den Berliner Wasserwerken alle Rohrstärken kräftig gehalten. Keins von den erwähnten schmiedeisernen Rohren ist unter 13 mm stark. Von den älteren weiß ich das zwar nicht genau, aber nach den Konstruktionsprinzipien der Engländer ist nicht anzunehmen, dafs sie schwächer sind. Es mufs etwas zum Verrosten da sein, dann werden auch die schmiedeisernen Rohre länger halten. Nach diesen Grundsätzen werden auch fernerhin starke schmiedeiserne Rohre da angewendet werden, wo wegen zu sehr beschränkten Raumes und aus anderen Rücksichten sich die Anwendung gufseiserner Muffenrohre nicht empfiehlt.

Zu der von dem Herrn Vortragenden hervorgehobenen Möglichkeit, schmiedeiserne Rohre sehr viel länger herstellen zu können als gufseiserne, möchte ich folgendes bemerken.

Nach den Erfahrungen an dem schmiedeisernen Dunkerrohr, das 1883 am Hamburger Bahnhof herausgenommen wurde, sind bei den Neubauten Müggelsee—Lichtenberg in den Jahren 1890–91 nur 14 Stück schmiedeiserne Muffenrohre von 1200 mm lichter Weite aus der Fabrik von Schulz & Knaudt an ganz bestimmter Stelle verwendet worden. Diese Rohre hatten etwas große Fugenweiten bis 30 mm, was nicht gerade gut ist. Ich habe mir aber bei der Verlegung besondere Mühe damit gegeben und die Bleiringe teilweise bis 80 mm hoch machen lassen. So ist bis heute nach 10jährigem Betriebe an den Rohren nichts passiert, was wohl auch dem Umstande zuzuschreiben ist, dafs die Muffen etwas konisch sind. Diese Rohre sind 4 m lang, wie die übrigen 1200 mm gufseiserne Muffenrohre mit 9 mm Fugenweite und doppelkeiligem Muffeneinschnitt. Es sind dies jedenfalls die empfehlenswertesten Rohrverhältnisse, die es gibt. Mit denselben läßt sich ein 1200 mm-Muffenrohr noch im Radius von 125 m knicken. Und diese Möglichkeit ist sehr wünschenswert, da die Strecken, auf denen Rohre mit regelrechten geraden Stoß verlegt werden können, ganz abgesehen von denen in den Straßen Berlins, verhältnismäßig gering sind. So sind auf der Doppelrohrstrecke Müggelsee—Lichtenberg von rund 16 km Einzellänge nur 4 km schnurgerade in horizontaler und vertikaler Richtung. Im Übrigen ist die Möglichkeit, die Rohre leicht knicken zu können, sehr erwünscht. Diese Möglichkeit wird aber bei längeren Rohren noch erheblich geringer, und ist deshalb eine zu große Baulänge, die dann auch eine größere Fugenweite bedingen würde, nicht so günstig.

Über die Festigkeit und das Rosten der Rohre ist wohl genügend gesprochen worden. Ich möchte aber noch einen Punkt hierzu berühren. Der Herr Vortragende hat es so stark betont: Nieten ist Nähen, Schweißen ist Weben. In den großen Doppelsträngen Müggelsee—Lichtenberg liegen zur Herstellung der hydraulischen Weichen große Kuppelstücke von 2,200 m Durchmesser 2,2 m Höhe und bis 18 mm Wandstärke mit 2 geraden und 2 schrägen Abzweigen von 910 mm Durchmesser, die 1891 genietet hergestellt worden sind. Für ähnliche, neuerdings wünschenswerte Stücke hatte ich geschweißte Stücke dieser Art in Aussicht genommen. Ich bin aber nach näherem Einblick zu der Überzeugung gekommen, dafs sich hierzu das Schweißverfahren nicht empfiehlt. Das wiederholte Erhitzen einer und derselben Rohrwandfläche, die an vielen Stellen aus konstruktiven Gründen nicht sehr breit sein kann, ist jeden-

falls für die andauernde Haltbarkeit des Stückes nicht vorteilhaft. Die Stücke werden also weiter „genäht“ werden.

Zum Schluſs möchte ich noch auf folgendes aufmerksam machen.

Trotz der hochgerühmten Festigkeit des Schmiedeisens ist es nach meiner Ansicht nicht empfehlenswert, besonders bei langen und größeren Leitungen die Sicherheit des Betriebes nur auf einen Strang zu basieren. Der Mensch steht auch nicht auf einem Bein, sondern auf zweien. Es ist also sicherer, zwei Stränge auszuführen. Wird einer der Stränge schadhaft, so hat man immer noch den zweiten als Reserve. Und daß Schäden bei schmiedeisernen Rohren ganz ausgeschlossen sein sollen, ist doch wohl nicht anzunehmen. Geht die Fabrikation derartiger Rohre in die großen Massen, so wird es doch kaum vermieden werden können, daſs nicht ein fehlerhaftes Rohr mit unterläuft.

Ich möchte deshalb noch die Frage berühren, wie ein schmiedeisernes Rohr schnell repariert wird. Ich weiß es nicht, mir ist das noch nicht passiert. Wie schnell es bei gußeisernen Rohren geht, wissen wir. Bei gußeisernen haben wir neben dem Abkreuzen von Hand die vortrefflichen Apparate von Samuelson—Ritter und Fannay, und in einem Fall, in dem es recht schnell gehen sollte, habe ich sogar das Dynamit angewendet. Dieses ist aber bei schmiedeisernen Rohren sicher nicht anwendbar. Ich halte es daher für unsere Wasserleitungsverhältnisse für richtig, wenn auch fernerhin von Fall zu Fall erwogen und in der Verwendung von Gußeisen und Schmiedeisen das richtige Maß gehalten wird.

Herr Baurat Herzberg: Ich habe nur eine Frage an den Herrn Vortragenden zu richten, die mir nicht unwichtig erscheint. Der Herr Vortragende sagte die technische Hochschule zu München habe ein Gutachten abgegeben. Das scheint mir nicht wahrscheinlich, weil Hochschulen als solche Gutachten nicht zu geben pflegen. Ich vermute, es handelt sich um ein Privatgutachten des Herrn Professor von Hoyer; eine Auskunft hierüber wäre erwünscht.

Ich habe noch ein paar Bemerkungen: Dem Herrn Vertreter der Mannesmannröhren kann ich nur erklären, daſs schmiedeiserne Röhren für Sool- oder Seewasser sich durchaus nicht bewährt haben. Meine Firma, die zahlreiche Sol- und warme Seebäder installiert hat, verwendet für solche Leitungen nur noch Kupfer- und Gußeisen. Auch über die Haltbarkeit des Schmiedeisens und Gußeisens im Meerwasser habe ich einige Erfahrung, weil meine Firma sehr viel Anlagen an der Nord- und Ostsee ausgeführt hat. Das Schmiedeisen wird strähnig wie ein Skelett, das Gußeisen bleibt gesund. (Widerspruch.) Ich kann versichern, daſs ich nur von Sachen spreche, die ich selbst beobachtet, nicht nur von solchen, über die ich gelesen habe. Ich war vor einigen Tagen noch in Norderney und hatte Gelegenheit, mich von der Richtigkeit meiner Beobachtungen zu überzeugen.

Herr Generaldirektor Janke: Ich möchte die Antwort geben wegen des Hoyer'schen Gutachtens. Ich will vorher nur bemerken, der Herr Vorredner sagte, daſs das Schmiedeisen im Meerwasser nicht halte. Demgegenüber stelle ich fest, daſs die neuen Molen in Memel mittels geschweißter schmiedeiserner Rohre und nicht mit

Gufseisen fundiert werden, trotz des Meerwassers! Was das Gutachten betrifft, so habe ich mich an die Hochschule gewandt und wurde mir auch die Antwort, das sei nicht möglich. Indessen ist mir ein Gutachten abgegeben worden von Herrn Egbert, Ritter von Hoyer, Königlicher Geheimer Rat, Professor und stellvertretender Direktor der Technischen Hochschule zu München, eines auch wohl von Ihnen als allererste technische Autorität anerkannten Herrn. (Zuruf: Das ist ein persönliches Gutachten!) Das darf der Sache nach ganz gleichgültig sein, wenn nur der Inhalt des Gutachtens zutreffend und von autorativer Seite kommt. Beides trifft zu und keiner der heutigen Redner hat es versucht und zu Wege gebracht, das gediegene und für die Schmiedeisen-Rohre sich aussprechende Gutachten des Herrn Geheimrat von Hoyer zu widerlegen.

Herr Professor Heyn-Charlottenburg: Noch ein Wort über die Rostfrage, die wohl den Kernpunkt bildet. (Widerspruch von Seiten des Herrn Marinebaurat Janke.) Meiner Ansicht nach bildet sie ihn! Hierüber ist mancherlei gesprochen worden, was einer schärferen Kritik nicht standhält. Über den angeblichen Einfluſs des spezifischen Gewichtes auf die Widerstandsfähigkeit gegen Rosten brauche ich wohl kein Wort mehr zu verlieren. Von einer Seite wurden ferner Zahlen über die Widerstandsfähigkeit verschiedener Eisensorten gegenüber verdünnter Säure angeführt und aus diesen Zahlen wurde auf die Rostbeständigkeit der Materialien geschlossen. Dieser Schluſs ist nicht zulässig. Rostwirkung und Einwirkung von Säuren sind zwei wesentlich verschiedene Vorgänge. Von einem anderen der Herren Redner wurde behauptet, daſs je mehr Karbid in einem Eisen sei, um so widerstandsfähiger müsse es sich gegenüber dem Rostangriff verhalten. Als Grund hierfür wurde angegeben, daſs ja das Karbid in verdünnter Säure unlöslich sei. Hier ergibt sich ein Widerspruch. Gewiſs ist das Karbid unlöslich in verdünnter Säure, aber nur bei Luftabschluſs. Läſst man das abfiltrierte Karbid nach dem Auswaschen mit Wasser feucht an der Luft stehen, so rostet es. Die Behauptung, daſs Karbid das Eisen gegen das Rosten schützt, ist sonach nicht als bewiesen zu betrachten.

Dann ist hier eine Tabelle ausgehängt worden. Auffällig ist bei Durchsicht der Tabelle die wunderbare Übereinstimmung gewisser Zahlenwerte, die von zwei verschiedenen Autoren ermittelt worden sind. Die Übereinstimmung geht zum Teil bis in die zweite Dezimale. Demjenigen, der sich häufig mit Versuchen über Rostangriff beschäftigt hat, muſs diese Übereinstimmung auffällig erscheinen.

Gerade bei Rostversuchen ist es außerordentlich schwierig, die Begleitumstände so sicher bei Wiederholung der Versuche wieder zu treffen, daſs Übereinstimmung in der Gewichtsabnahme der Versuchskörper erzielt wird. In der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt sind sehr viele solcher Versuche in kleinem Maßstab ausgeführt worden. Je mehr man sich mit dem Gegenstand befaſst, um so sicherer wird man darüber, wie wenig zuverlässig die Litteratur über die Rostfrage ist. Ebenso scheinen mir die Behauptungen über den Einfluſs von Kohlenstoff, Silicium usw. auf den Rostangriff auf schwachen Füßen zu stehen. Wenn Sie anfangen, diese Behauptungen durch Versuche zu erhärten, werden Sie bald sehen, wie undankbar diese Aufgabe ist. Zur ausgehängten Tabelle ist noch zu bemerken, daſs man ohne nähere Kenntnis davon,

wie die Zahlenwerte entstanden sind, nicht allzuviel Schlüsse daraus ziehen kann. Es ist der Fall nicht ausgeschlossen, dafs ein Material anfänglich rasch durch Rost angegriffen, vor weiterem Angriff aber durch die gebildete Rostschicht geschützt wird — ich will nicht vom Eisen allein reden, sondern allgemein. Ein anderes Material dagegen rostet anfänglich langsamer, aber um so stetiger weiter, bis es aufgezehrt ist. Das hängt nicht allein von dem Material ab, sondern auch von den Versuchsbedingungen. Unter bestimmten Verhältnissen ist der Rostangriff örtlich, es werden Löcher durch das Material gefressen, während große Stellen der Oberfläche recht wenig angerostet sind. Es ist klar, dafs hier der Gewichtsverlust pro qdm in g kein guter Vergleichswert ist, dafs also hier die ausgehängte Tabelle im Stich läfst. Man mufs genau wissen, unter welchen Verhältnissen beobachtet worden ist. Es bleibt nur eins übrig: Es mufs systematisch vorgegangen und die Rostfrage durch gründliche Vergleichsversuche in großem Maßstabe unter Berücksichtigung aller bisher im Kleinen gemachten Erfahrungen, zu lösen versucht werden.

Dann möchte ich auf einen Fall zurückkommen, den Herr Baurat Herzberg erwähnte. Es standen dort 3 Materialien, weiches Flufseisen, Stahlgufs und Gufseisen in gegenseitiger Berührung und in Berührung mit Seewasser. Da kann die Frage durch Entstehen von galvanischen Ketten verwickelt werden. Es ist nicht notwendig, dafs dasjenige der 3 erwähnten Materialen, das in Verbindung mit den beiden übrigen, den stärksten Rostangriff zeigt, auch dann, wenn es allein, ohne Berührung mit den anderen beiden Materialien dem Seewasser ausgesetzt ist, am stärksten angegriffen wird. Es können dabei leicht Umkehrungen in Bezug auf die Widerstandsfähigkeit gegen Rost eintreten.

Es wurde vom Herrn Vortragenden behauptet, dafs der Ausdruck Schweißnaht unrichtig sei, weil eine Naht gar nicht mehr vorhanden wäre. Ich möchte Herrn Baurat Janke bitten, sich an die Königl. mechanisch-technische Versuchsanstalt in Groß-Lichterfelde zu wenden: die wird ihm schon zeigen, wo die Naht in den Röhren ist.

Dann hat Herr Kirchner einige Ausführungen über seine mikroskopischen Beobachtungen gemacht. Ich kann darauf wegen der vorgeschrittenen Zeit nicht näher eingehen. Ich mufs gestehen, dafs ich dem Gedankengang des Herrn Kirchner nicht recht habe folgen können, obwohl die Metallmikroskopie seit Jahren mein Spezialstudium bildet.

Herr Heekmann, Direktor der Hallberger-Hütte bei Brebach a. d. Saar: Ich nehme an, dafs die Tabelle aus dem Druckwerk richtig kopiert worden ist. Es ist mir auch aufgefallen, dafs sehr viele Zahlen übereinstimmen. Aber ich habe keinen Grund anzunehmen, dafs das nicht richtig sei.

Herr Falk, Prokurist der Deutsch-Österreichischen Mannesmannröhren-Werke in Düsseldorf: Eine kurze Berichtigung: Herr Baurat Herzberg hat mich falsch verstanden. Ich habe nicht gesagt, dafs für Soleleitungen schmiedeisernes Rohr sich besser hält als Gufsrohr, ich habe nur gesagt, Gufsrohr hält sich schlecht, man zieht daher vielfach für Soleleitungen Holzrohr dem Gufsrohr vor. Ich führte dafür als Zeugen das Werk von Muspratt an. Ich hatte also Schmiedeisenrohr in diesem Zu-

sammenhang nicht erwähnt und nicht behauptet, dafs sich Schmiedeisenrohre für Soleleitungen besser halten als Gufsrohre, sondern nur, dafs letztere sich in diesem Falle schlecht bewähren.

Herr Ritter von Schwarz aus Lüttich: Zur Berichtigung! Ich habe nicht behauptet, dafs sich große Rohre nicht transportieren lassen. Der Herr Vortragende hat angeführt, dafs ich das gesagt hätte. Ich habe nur von der Schwierigkeit des Transportes großer Rohre gesprochen.

Vorsitzender: Der Herr Vortragende hat uns auf ein Feld geführt, auf dem wie wir gesehen haben, ein lebhafter Wettkampf in der Eisenindustrie entbrannt ist, wo ein junger Zweig mit alten erbeingesessenen Geschlechtern in die Arena getreten ist. Nun, m. H., Wettstreit bringt Leben, Bewegung, Fortschritt, Erfolg. Es ist ein Kampf, in dem es, wie ich hoffe, an seinem Ende nur Sieger und keine Besiegten geben wird.

Ich spreche dem Herrn Vortragenden den Dank des Vereins aus für seinen Vortrag, der zu einer so lebhaften und interessanten Debatte Anlaß gegeben hat.

Jahresbericht für 1903

erstattet am Stiftungsfeste des Vereines vom Redakteur Prof. Dr. **W. Wedding.**

M. H.! Als der Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes vor einem Jahre sein Stiftungsfest feierte und in Liebe und Verehrung seinem damaligen Ehrenvorsitzenden einen telegraphischen Gruß entsandte, da ahnte wohl niemand der Anwesenden, dafs jenem Manne nur noch wenige Tage bis zum Abschluß seiner irdischen Laufbahn beschieden seien. Nachdem Rudolf von Delbrück seit dem Jahre 1854 dem Vereine angehört und 42 Jahre hindurch den Verein als Vorsitzender geleitet hatte, trat er auf seinen Wunsch zurück. Der Verein ernannte ihn zu seinem Ehrenvorsitzenden; und als solcher hat Delbrück sein Interesse dem Verein bis zum letzten Atemzuge bewahrt. Mit ihm schied einer der letzten von den großen Ratgebern Kaiser Wilhelm I., in ihm wurde einer derjenigen abberufen, die bei dem Auf- und Ausbau des jungen deutschen Reiches mitarbeiteten. Hatte er schon während seiner politischen Laufbahn sein weitgehendes Interesse für Handel und Industrie erfolgreich betätigen können, so tat er dies weiter, nachdem er aus der Staatslaufbahn zurückgetreten war, mit vollster Hingabe für unsern Verein, um ihn zum Wohle deutscher Industrie, deutschen Handels und Gewerbes zu fördern und ihm neben den anderen, inzwischen zahlreich gegründeten Vereinen einen Ehrenplatz zu wahren. Alle, die ihn kannten, werden diesem Manne ein dauerndes ehrendes Andenken bewahren; und nachdem der Verein z. B. d. G. durch eine Gedächtnisfeier seiner hervorragenden Verdienste besonders gedacht hatte, glaubte er auch für kommende Geschlechter das Andenken dieses echten deutschen Mannes nicht besser ehren zu können, als dafs er eine Marmorbüste als bleibendes Denkmal für den Verstorbenen schuf.

Außer dem Ehrenvorsitzenden verlor der Verein von Vorstandsmitgliedern in dem Kommerzienrat Paul March eins seiner tätigsten Mitglieder, das auch fast 50 Jahre dem Vereine angehört hat; in dem früheren Staatssekretär Dr. von Jacobi, dem rechtsverständigen Mitgliede der von Seydlitzschen Stiftung, wurde uns weiter ein Vorstandsmitglied entrissen.

Diesen Männern folgten weiter in den Tod der Direktor der Charlottenburger Wasserwerke W. Oppermann, Ingenieur und Patentanwalt A. Baermann, Fabrikant J. B. Dotti, Fabrikant Krumhoff, Fabrikbesitzer F. Reichenheim, Direktor C. W. Meyer, Kaufmann M. J. Kotte, Geh. Kommerzienrat Sartori, Direktor Praetsch, Freifrau von Faber.

Allen diesen Mitgliedern, die auf den verschiedensten Gebieten der Industrie zum Wohle des Vaterlandes, zum Nutzen der Menschheit tätig gewesen sind, wird der Verein ein dankbares, ehrendes Gedenken bewahren.

Im Jahre 1903 gehörten dem Verein 1341 Mitglieder an, von denen 439 hiesige Mitglieder waren. Das Vereinsvermögen betrug am Schlusse des Jahres 1903 45 800 ℳ.

Die seit dem Jahre 1828 mit dem Vereine verbundene von Seydlitzsche Stiftung besitzt einschließlich des abgesondert verwalteten Prämienfonds 508 923,26 ℳ. Aus dieser Stiftung beziehen gegenwärtig 20 Studierende der hiesigen technischen Hochschule neben freiem Unterricht Stipendien von je 600 ℳ jährlich.

Das Vermögen der mit dem Verein seit 1832 verbundenen Weberschen Stiftung ist unverändert geblieben und beträgt 36 200 ℳ. Die Zinsen werden für die Ausbildung von Handwerkern an den hiesigen Fortbildungsschulen verwendet.

Einem gleichen Zweck dient die Geygersche Stiftung mit einem Kapital von 1 200 ℳ.

Aus den Zinsen der Jubiläumsstiftung des Vereines konnten 4 Stipendien zu je 300 ℳ und ein Stipendium zu 150 ℳ verliehen werden. Die Stipendiaten besuchen verschiedene Fachschulen.

Für die am 15. November vorigen Jahres fällig gewordene Honorarausschreibung betreffend Untersuchung von Explosionen und Zersetzungen, welche bei Acetylen ohne nachweisbare äußere Einwirkung auftreten, sind 2 Bewerbungen eingegangen. Die Entscheidung, ob der ausgesetzte Preis einer von den beiden Arbeiten zugesprochen werden kann, wird in der nächsten Vereinssitzung erfolgen.

Für die ebenfalls am 15. November 1903 fällig gewesene Honorarausschreibung betreffend die Theorie der Herstellung der Furchen (Kaliber) eines Walzensatzes für ein Doppel-T-Eisen, Vergleichung dieser Furchen mit den in der Praxis irgend eines Eisenwalzwerkes angewendeten desselben Profiles und daraus sich ergebenden Schlufsfolgerungen ist keine Bearbeitung eingegangen.

Die Untersuchungen der Gründe zum Rosten eiserner Rohre und Wandungen bei geschlossenen Gefäßen mit stetig durchfließendem Wasser, für welche vom Berliner Magistrat 3000 ℳ zur Verfügung gestellt worden waren, sind noch nicht zum Abschlufs gebracht worden.

Die wichtigen Untersuchungen über Eisen-Nickel-Legierungen, besonders über den Einflufs des Mangans auf kohlenstoffhaltige Verbindungen, sind auch in dem verflossenen Jahre erfolgreich weiter geführt worden. Ein Bericht über die neueren Ergebnisse konnte aber noch nicht zur Veröffentlichung gelangen. Für das Interesse und die Unterstützung, welche die hohe Staatsregierung, insonderheit Seine Excellenz der Herr Handelsminister diesen Arbeiten entgegenbringt, fühlt sich der Verein zu besonderem Dank verpflichtet.

Das sich in den Vereinssitzungen widerspiegelnde innere Leben des Vereines scheint besonders in letzter Zeit neu und lebhaft emporzublühen, indem sich an die Vorträge aus den verschiedensten Gebieten der Technik sehr lebhafte und eingehende Erörterungen angeschlossen haben. Handel und Industrie sind nach schweren ernsten Tagen jetzt in ruhigere Bahnen zu erneuter frischer Arbeit eingetreten, und wenn auch

die Einsetzung aller Kräfte in das gewaltige große Getriebe noch nicht vollkommen erfolgt ist, so können wir doch vertrauensvoll und zuversichtlich in die Zukunft blicken.

Dankerfüllten Herzens blicken wir auf zu unserem erhabenen Herrscher, der dem Vaterlande die Segnungen des Friedens in so reichem Maße zuteil werden läßt. Und was wir und die ganze zivilisierte Welt in der Person unseres Kaisers besitzen, das ist manchem erst klar zu Tage getreten, als sich plötzlich die Nachricht von der Erkrankung unseres geliebten Herrschers verbreitete. Jetzt sehen wir ihn wieder mit gewohnter Frische seinen hohen Herrscherpflichten und seinem verantwortungsvollen Amte nachkommen. Das ist ein Erbteil der Hohenzollern, die stets ihre sämtlichen Kräfte und ihr bestes Können zum Wohl des Vaterlandes, zur Entwicklung von Handel und Industrie, von Kunst und Wissenschaft eingesetzt haben. Und wenn je einer unserer Herrscher, so ist es Kaiser Wilhelm II., der den Spuren seines großen Ahnherrn Friedrichs des Großen folgt, um das, wozu dieser den Samen gelegt, und was Kaiser Wilhelm der Große zur schönsten Blüte gebracht hat, zur vollen und reifen Frucht zu entwickeln.

Friedrich den Großen betrachtet der Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes als seinen geistigen Schirm- und Schutzherrn. Es ist eine alte schöne Sitte, daſs der Verein dieses großen Herrschers an seinem Stiftungsfeste gedenkt, und so lassen Sie uns auch heute das erste Glas in weihevoller Stille darbringen — **den Manen Friedrichs des Großen.**

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

Bericht über die Sitzung vom 1. Februar 1904

Vorsitzender: Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding.

Sitzungsbericht:

Vorsitzender: M. H., die Niederschrift der letzten Sitzung ist in Ihren Händen. Werden Einwendungen erhoben?

Herr Baurat Herzberg: Ich habe von den umfangreichen Verhandlungen zunächst nur das, was ich gesagt habe, gelesen und gefunden, dafs dadurch, dafs man den Fahnenabzug nicht bekommt — (Herr Professor Wedding sagte, er könne das nicht einführen) — eine Anzahl Druckfehler in dem Bericht sich vorfinden, die den Sinn entstellen. Ich mache daraus keinen Vorwurf, es liegt das an der Handhabung. Wenn man so ein Stenogramm bekommt, so kann man, besonders wenn man nicht sorgfältig schreibt, ein e und u leicht verwechseln und der Druck gibt natürlich alles so wieder. Ich wünsche, dafs einige dieser Fehler berichtigt werden. Es mufs heißen: S. 26 Zeile 14: „schwachwandig" statt „einwandig". Zeile 24: „Materialfestigkeit?" Zeile 36: „Bauamts Hütter". S. 27 Zeile 1: „weil sie am oberen Ende der Form gegossen waren." Zeile 7: „probiert" statt „versucht". Zeile 12: „dafs die Herren". Zeile 16: „auf Hanfstrick". Zeile 27: „lange". S. 28 Zeile 7: „man sie". Zeile 39: „gesprochen" statt „verhandelt." S. 29 Zeile 17: „Moor" statt „Meer". Zeile 20: „Flüssen, ferner". S. 30 Zeile 11: statt „zersetzten" „zusetzten". Zeile 23: statt „Nenger" „Sauger".

Ich möchte doch die Frage stellen, ob es nicht möglich wäre, dafs, wie es bei anderen Zeitschriften und in anderen Vereinen üblich ist, den Rednern der Fahnenabzug geschickt wird?

Herr Professor Dr. Wedding: Ich bin als Redakteur der Verhandlungen natürlich selbstverständlich gern bereit, die angegebenen Fehler nachträglich zu berichtigen. Betreffs der gewünschten Zusendung von Fahnenabzügen an jeden einzelnen Redner hat sich durch die frühere Praxis herausgestellt, dafs dieses Verfahren unmöglich ist, wenn das Heft bis zur nächsten Sitzung erscheinen soll. Dies ist aber im höchsten Grade erwünscht. Es wird den Herren Rednern die stenographische Umschrift, und zwar, seit den letzten Jahren mit der Schreibmaschine deutlich, weit und klar geschrieben, zugeschickt. Es wird aber von einem Teil der Herren Redner so viel korrigiert, dafs man sich zunächst kaum durchfinden kann, und wenn diesen Herren Rednern

nachher der Fahnenabzug zugehen würde, so wird erfahrungsgemäß noch einmal so viel korrigiert, so daſs es ausgeschlossen ist, das Heft zur rechten Zeit erscheinen zu lassen. Die Zusendung der Fahnenabzüge unterbleibt deshalb. Wenn ferner von den Herren Rednern korrigiert wird, dann muſs ich darum bitten, daſs erstens deutlich geschrieben wird, damit ich beim Lesen keine unüberwindbaren Schwierigkeiten habe, und zweitens, daſs die Herren die in der stenographischen Umschrift stehenden Fehler selbst entfernen. Im vorliegenden Fall ist dies, wie das Original zeigt, in der überwiegenden Zahl nicht geschehen. Die Redaktion ist hierfür nicht verantwortlich.

Aufgenommene Mitglieder:

Herr B. Dernburg, Direktor der Bank für Handel und Industrie, Berlin W. Herr Dr. Krug, Assistent an der Königlichen Bergakademie, Berlin; Herr Dr. Fritz Wüst, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.

Angemeldete Mitglieder:

Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken in Berlin; die Direktion der Königlichen Fachschule Schmalkalden; Herr Direktor Julius Schaefer in Düsseldorf und Herr Geheimer Regierungsrat G. Behrendt in Berlin.

Mitteilungen des Vorstandes:

Vorsitzender: Ich habe die traurige Pflicht Ihnen mitzuteilen, daſs der Hüttendirektor C. W. Meyer am 5. Dezember v. J. verstorben ist. Er war Mitglied seit dem 2. Februar 1880. Wir werden sein Andenken in Ehren halten.

Die in der letzten Sitzung ausgeführten Wahlen sind sämtlich angenommen worden.

Herr Präsident des Königlich Preußischen Statistischen Bureaus Blenck: M. H., Sie wissen wohl, daſs die seit dem Jahre 1831 bestehende Webersche Stiftung die Aufgabe hat, Lehrlingen und Gesellen oder Gehilfen der Fabriken und Handwerkerei, wie es in der Stiftungsurkunde heiſst, einen geeigneten Unterricht zu vermitteln. Der Verein hat sich jahrelang bemüht, dieser Aufgabe zu entsprechen. Das Stiftungsvermögen beträgt z. Z. 34800 ℳ., und der Herr Schatzmeister, General-Konsul Zwicker, hat mir den letzten Abschluſs vorgelegt, wonach wir für das Jahr 1903 zu dem angegebenen Zwecke über 1209 ℳ 8 Pf. verfügen konnten. Wir, d. h. die Mitglieder des Kuratoriums der Stiftung haben, einem früheren wiederholten Vorgange entsprechend, drei von den hiesigen Einrichtungen, die sich namentlich mit derartigen Aufgaben beschäftigen, auch diesmal bevorzugt, indem wir in einer Sitzung vom 4. v. M. uns dahin verständigt haben, daſs — wie in den beiden Vorjahren — gegeben werden sollte: dem Berliner Handwerkerverein für Fortbildungsschulen der Betrag von 500 ℳ, der Schuldeputation des Magistrats für Fortbildungs- und Fachschulen der Betrag von 400 ℳ und der Gewerbedeputation des Magistrats für Modelle usw. wieder 300 ℳ, sodaſs wir damit über die Summe von 1200 ℳ verfügt haben und sich ein Betrag von 9,08 ℳ auf das nächste Jahr überträgt.

Die betreffenden Summen sind auf meine Anweisung von Herrn Generalkonsul Zwicker an die drei genannten Stellen ausgezahlt worden; die Quittungen liegen mir

Digitized by Google

vor, und ich darf nach den Erfolgen, die wir seither erzielt haben, hoffen, dafs die Wirkung der Stiftung auch in Zukunft dem von dem Stifter in das Auge gefafsten Zwecke entsprechend sein wird.

Vorsitzender: Es liegen an Druckschriften, die vom Technischen Ausschufs hier vorgelegt werden, aus: Eine Übersicht über das Fortbildungsschulwesen und die gewerblichen Unterrichtsanstalten der Stadt Berlin, 20. Jahrgang; ein Verwaltungsbericht des Magistrats zu Berlin für das Etatsjahr 1902; und ferner — worauf ich besonders aufmerksam mache — ein schönes Erinnerungsblatt an unser verstorbenes Mitglied den Kommerzienrat March mit einer vorzüglichen Abbildung seiner selbst.

Es ist heute das Mitglied zum Bezirkseisenbahnrat in Berlin für 1904 bis 1906 und sein Stellvertreter zu wählen. Der Technische Ausschufs schlägt Ihnen vor, die bisherigen Vertreter wiederzuwählen. Das sind der Geheime Regierungsrat W. Wedding und Professor Dr. Kraemer. — Ein Widerspruch wird nicht erhoben; die Wahl ist erfolgt.

Sodann ist Bericht zu erstatten über das Ergebnis der Prüfung der Bewerbungen um die abgelaufenen Preisausschreiben.

Herr Professor Dr. v. Knorre: M. H., Auf die Preisausschreibung unseres Vereins, betreffend die Untersuchung von Explosionen und Zersetzungen, welche bei Acetylen ohne nachweisbare äußere Einwirkung auftreten, sind bis zum Lösungstermin, dem 15. November 1903, zwei Arbeiten eingelaufen. Die eine von diesen Arbeiten kommt schon aus dem einfachen Grunde nicht in Betracht, weil der Herr Verfasser an einer Stelle seiner Mitteilung sagt:

> „Ich habe leider nicht die Zeit und auch nicht den Willen mich an diesem Preisausschreiben zu beteiligen, da ich mit Wichtigerem beschäftigt bin.“ Außerdem enthalten diese Mitteilungen auch nicht viel Bemerkenswertes.

Die zweite der eingegangenen Arbeiten ist in spanischer Sprache verfaßt und trägt das Motto: „Salus populi suprema lex.“ Durch die Liebenswürdigkeit eines Mitglieds unseres Vereins ist die Bewerbung ins Deutsche übersetzt und darauf seitens der Abteilung für Chemie und Physik eingehend durchgesehen worden. Leider kann nach dem Ermessen der Abteilung und des Technischen Ausschusses eine Prämiierung dieser Arbeit mit 3000 ℳ und der silbernen Medaille auch nicht erfolgen, weil dieselbe keine einzige selbständige experimentelle Untersuchung enthält. In den Motiven zu der Preisausschreibung war insbesondere hervorgehoben worden:

> „Es soll durch experimentelle Untersuchungen festgestellt werden, welches die Ursachen dieser Erscheinungen sind, besonders inwieweit die Gegenwart von Verbindungen des Phosphors, des Schwefels, des Stickstoffs in den Karbiden und im Acetylengas und namentlich die Bildung von Metallacetyliden hierbei mitwirkt.“ —

In der vorliegenden Arbeit ist aber — wie bereits erwähnt — irgend eine selbständige experimentelle Untersuchung nicht vorhanden. Es liegt vielmehr nur eine

Digitized by Google

Zusammenstellung der bisherigen Litteratur vor, die aber auch auf Vollständigkeit, Übersichtlichkeit und Korrektheit nicht in jeder Beziehung Anspruch machen kann. Der Technische Ausschufs ist deswegen der Ansicht, dafs die Bewerbung nicht zu prämiieren sei.

Der Technische Ausschufs ist im Übrigen der Meinung, dafs es doch wohl zweckmäßig wäre, diese an und für sich interessante Preisaufgabe noch einmal zu verlängern und zwar bis 15. November 1905. Es würde dann zweckmäßig sein, die Fassung der Aufgabe etwas zu verändern, sodafs noch mehr betont wird, dafs eigene experimentelle Untersuchungen erwünscht sind. Der technische Ausschufs schlägt vor, die Fassung wie folgt zu wählen:

> 3000 ℳ und die silberne Denkmünze für die beste, auf experimenteller Grundlage beruhende Arbeit betreffend Untersuchungen von Explosionen und Zersetzungen, welche bei Acetylen ohne nachweisbare äußere Einwirkung auftreten. Vorgekommene Unfälle sind hierbei so weit als tunlich zu berücksichtigen.

Die Motive würden unverändert bleiben.

Der Technische Ausschufs stellt also zwei Anträge: erstens einmal, der spanischen Arbeit den Preis nicht zu erteilen; zweitens die Stellung der Aufgabe mit dem Lösungstermin bis zum 15. November 1905 zu erneuern und zwar mit der obigen, etwas veränderten Fassung.

Vorsitzender: M. H., ich habe zuerst darüber abstimmen zu lassen, ob kein Preis für die eingegangene Lösung zu erteilen sein wird. — Es erhebt sich kein Widerspruch.

Es ist weiter vorgeschlagen worden, eine etwas anders gefafste Preisaufgabe gleichen Inhalts an Stelle der früheren treten zu lassen und den Lösungstermin auf Herbst 1905 anzusetzen. Der Antrag ist angenommen.

Dann habe ich zu berichten, dafs eine weitere Preisaufgabe abgelaufen war, über Furchung der Walzen für Träger aus Flufseisen, und dafs keine Bearbeitung eingegangen ist. Man hat jetzt davon abgestanden, eine Verlängerung zu beantragen, weil man annimmt, dafs doch keine Lösung erzielt werden würde. Es ist bedauerlich, dafs ein Thema, welches ebenso praktisch wichtig wie theoretisch interessant ist, keinen Bearbeiter gefunden hat, dafs nicht einmal der Versuch einer Lösung gemacht ist. Die zur Lösung nötigen theoretischen Grundlagen sollte jeder, der eine technische Hochschule oder Bergakademie besucht hatte, mitgebracht haben. Die Bergakademie in Berlin hat ja die meisten Eisenhütteningenieure Deutschlands ausgebildet und gibt in ihren Vorlesungen alles, was für diese Lösung nötig war. In der Praxis hat fast jeder Walzwerksingenieur Gelegenheit, ein Trägerwalzwerk zu beobachten und dessen Ergebnisse zu prüfen. Es scheint doch, dafs die theoretischen Grundlagen noch nicht ausreichen, solche Probleme zu lösen und es ist zweckmäßig, dafs jetzt die praktischen Eisenhüttenleute eine Erweiterung und Vertiefung des Unterrichts im Eisenhüttenwesen verlangen. Freilich wird das nichts nützen, wenn nicht das, was geboten wird, auch fleißig benutzt wird. Wenn jetzt manche der älteren Eisenhüttenleute über mangelnde

Kenntnisse bei sich und dem jungen Nachwuchse klagen, so fragt man sich doch, ob dies lediglich dem Umstande zuzuschreiben ist, dafs die Gelegenheit zum lernen fehlte, oder ob vielmehr die gebotenen Hilfsmittel nicht ausreichend benutzt worden waren. Wer die Grundwissenschaften, Chemie, Physik und Mathematik ausreichend studiert hat, kommt auch in der Praxis über alle Schwierigkeiten.

Ich habe noch über das Stiftungsfest des Vereins zu berichten. Dieses ist am 18. Januar in gewohnter Weise gefeiert worden. Der Herr Minister für Handel und Gewerbe hatte uns mit seiner Gegenwart beehrt. Dank der Mühwaltung des Vorsitzenden des Festausschusses, unseres verdienten Herrn Direktors van den Wyngaert, verlief das Fest glanzvoll und harmonisch. Ich bitte Sie, m. H., mir zuzustimmen, wenn wir unserem verehrten Vorsitzenden des Festausschusses hierfür unseren verbindlichsten Dank aussprechen. —

Die übliche Sammlung für die Armen hat 309 ℳ. 50 Pf. ergeben und damit sind 10 Witwen bedacht worden.

In den Vorstand des Technischen Ausschusses sowohl wie zu Vorsitzenden der Abteilungen sind die bisherigen Herren wiedergewählt, nur unser Herr Geheimer Regierungsrat Prof. Bertram ist an Stelle des verstorbenen Kommerzienrates March gewählt worden.

Herr Regierungsrat Paschke: M. H., als Mitglied des deutschen Moorkulturvereins wollte ich mir erlauben, Sie darauf aufmerksam zu machen, dafs in der Landwirtschaftswoche vom 15. bis 21. Februar im großen Ausstellungspark eine Ausstellung stattfinden wird, die zum ersten Mal alles, was auf dem Gebiete des Torfs in neuerer Zeit erfunden, erdacht und geschaffen worden ist, zur Anschauung bringen wird. Der Torf, m. H., ist eines unserer schwierigsten wirtschaftlichen Elemente und es sind unendlich viele Bemühungen darauf gerichtet worden, ihn nutzbar zu machen. Es ist bisher sehr wenig auf diesem Gebiete erreicht worden. Die meisten Versuche sind an der Unrentabilität gescheitert. Die Bemühungen sind aber dadurch doch nicht erlahmt und Sie werden vieles sehen, was ihr Interesse erregen wird.

Ich wollte mir bei dieser Gelegenheit noch die Anfrage an den Herren Vorsitzenden erlauben, ob es etwa erwünscht ist, von seiten des Vereins einen bestimmten Tag für eine gemeinschaftliche Besichtigung festzusetzen, oder ob es den Herren sympathischer ist, einzeln, je nachdem jeder es liebt, sich die Ausstellung anzusehen.

Vorsitzender: Ich möchte glauben, dafs es zweckmäßiger ist, jedem Einzelnen den Besuch zu überlassen, da vorher keine Sitzung des Technischen Ausschusses mehr stattfindet.

Herr Regierungsrat Paschke: Dann erlaube ich mir noch die Anfrage, ob es für die Herren, die nicht Zeit und Gelegenheit haben, die Ausstellung zu besuchen, erwünscht ist, in einer der nächsten Sitzungen einen Vortrag von mir anzuhören, der einen Überblick über das, was zu sehen gewesen ist, geben soll.

Vorsitzender: Ich werde dies in der nächsten Sitzung des Technischen Ausschusses vorbringen.

Digitized by Google

Technische Tagesordnung.

Herr Zivilingenieur Lichtensteiner-Berlin: I. Moderne Dampfmaschinen.

(Der Vortrag konnte wegen zu später Einlieferung des Manuskriptes noch nicht zum Abdruck gelangen.)

2. Über Vorrichtungen zum ungestörten Fernsprechen.

Herr Ingenieur P. M. Grempe-Berlin: Sehr geehrte Herren! Nachdem das Telephon in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit zu einem unentbehrlichen Verkehrsmittel des modernen Geschäfts- und Privatlebens geworden ist, stellt sich nunmehr das Bedürfnis heraus, Einrichtungen zu schaffen, durch welche das Telephonieren selbst möglichst ungestört vor sich gehen kann. Wenn man z. B. in Räumen telephonieren muſs, wo Maschinen arbeiten, so wird man durch die Übertragung des Maschinengeräusches auf das Telephon ungemein gestört. Um hier das Geräusch vom Telephonapparat abzuhalten, hat man sich mit gutem Erfolge schalldämpfender Einrichtungen bedient, wie Sie hier eine solche als Schall-Isolierbrett „Resonator“ (Fig. 1) sehen. Diese Vorrichtung besteht aus einer schlecht leitenden, mineralischen Mischung in Brettform, die überall bequem angebracht werden kann. Wenn man hierauf den Telephonapparat montiert, so wird die Schallübertragung des Maschinen- und Transmissionengeräusches so gedämpft, daſs nicht nur derjenige, der hier am Apparat sprechen würde, das Gespräch gut hört, sondern daſs auch derjenige, der am entfernten Telephon steht, jedes Wort mit deutlichem Ausdruck und Klang verstehen kann.

In Bureaus, Kontors und Fabriken tritt das Bedürfnis auf, am Telephon in weitgehendstem Maße ungeniert sprechen zu können. Natürlich wird man dann schwer verstehen, wenn im Bureau selbst Unterhaltungen gepflogen werden, und es wird nicht nur der Telephonierende gestört, sondern seine telephonische Unterhaltung stört auch diejenigen, die im Bureau arbeiten. Man hat also mit Zeitverlusten und Ärger zu rechnen, und es kommt hinzu, daſs Ferngespräche ohne Mifsverständnisse kaum möglich sind.

Ich möchte noch auf einen andern Umstand hinweisen, der es zweckmäßig erscheinen läſst, in Geschäften usw. möglichst nur in Räumen zu telephonieren, die in irgend einer Weise das Telephon von der Umgebung abschließen. Man kann nämlich bei vielen Menschen feststellen, daſs sie, wenn sie sich am Telephon beobachtet wissen, kein Wort herausbekommen. Es gibt Angestellte, die, wenn sie vom Chef beobachtet werden, mit der unangenehmen Erscheinung zu rechnen haben, daſs sie nicht zu sprechen vermögen. Die Leute mögen sehr brauchbar sein, sind aber für das Telephonieren unter der Aufsicht des Vorgesetzten nicht tauglich. Viele Menschen machen beim Telephonieren unwillkürliche Bewegungen, die eigentümlich auf diejenigen wirken, welche eine solche am Telephon mit Kopf, Händen und Füßen sich bewegende Person beobachten. Es ist ohne weiteres klar, daſs dieses dann besonders unangenehm ist, wenn vielleicht der Chef am Telephon vor den Augen seiner Angestellten in Erregung über eine gestörte Verbindung gerät.

Digitized by Google

Dieser Umstand spricht mit dafür, dafs man Einrichtungen schafft, die den Telephonierenden nicht nur dem Gehörkreis, sondern auch dem Gesichtskreis der um ihn herum tätigen Personen entzieht. Man hat zunächst aus Holz Verschläge hergestellt und so den Telephonierenden den Blicken der anderen, die in demselben Raume arbeiten, entzogen. Aber Holz ist bekanntlich auch das Material, aus dem wir die

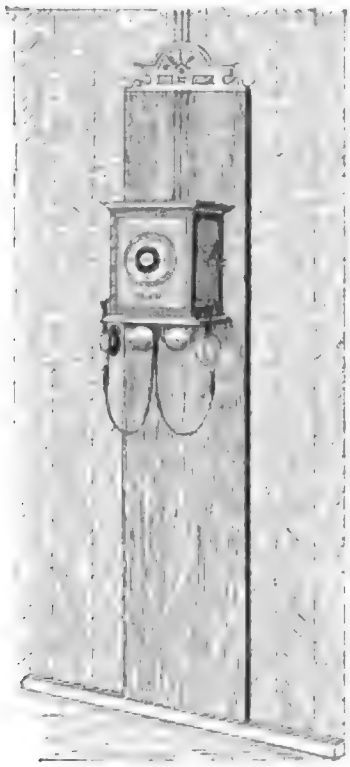


Fig. 1.

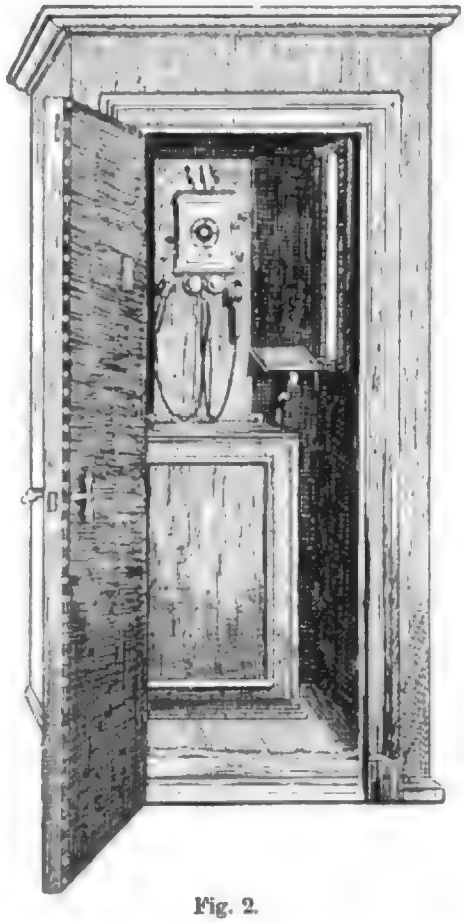


Fig. 2.

Resonanzböden unserer Musikinstrumente machen, und da können wir uns nicht wundern, wenn wir schalldämpfende Effekte mit den Holzzellen nicht erzielen. Man ist dann dazu übergegangen, derartige Zellen mit Stroh, Leder, Fries oder ähnlichem Material auszufüttern. Dann stellt sich aber der Übelstand ein, dafs in derartig gepolsterten Verschlägen eine Temperatur herrscht, die es namentlich im Sommer zu einer Strafe macht, in einer solchen Zelle telephonieren zu müssen. Jeder, der einmal gezwungen war, an einem heifsen Sommertage in einem gepolsterten Holzverschlage dieser Art längere Zeit zu telephonieren, wird wissen, dafs damit ein Schwitzbad verbunden ist, wie man es sich nicht besser denken kann. Bei den Holzzellen ist weiter in Betracht zu ziehen, dafs sie sehr feuergefährlich sind.

Digitized by Google

Um diese Übelstände zu beseitigen, hat die Firma J. H. Schäffer, Berlin SW., Hallesches Ufer 12-13, welche die hier zur Sprache kommenden Einrichtungen zum ungestörten Telephonieren fabriziert, schall- and feuersichere Telephonzellen hergestellt, von denen ich in der Lage bin, heute ein Exemplar (Fig. 2) vorzuführen. Die Zelle ist ebenfalls aus der erwähnten mineralischen Kunstmischung hergestellt. Diese Vorrichtungen sind insofern feuersicher, als sie, abgesehen von den kleinen äußerlichen Verzierungen, keine brennbaren Materialien enthalten. Um einen guten Eindruck zu erzielen, sind sie außen mit einer holzähnlichen Tapete verkleidet und innen mit Fries ausgeschlagen.

Um zu beweisen, dafs eine Dämpfung erzielt wird, die es ermöglicht, dafs darin gesprochen werden kann, ohne dafs es stört, aber auch ohne dafs außen etwas von dem Gespräch zu verstehen ist, bitte ich hineinzugehen, damit so der Unterschied gegenüber den Schallbelästigungen bei Holzzellen festgestellt werden kann. Ich bitte zu sprechen und die Tür dann aufzumachen. (Geschieht.)

Meine Herren, ich glaube Ihnen damit gezeigt zu haben, dafs eine Schalldämpfung erzielt wird, die jedenfalls den Effekt hat: der in der Telephonzelle Sprechende wird in keiner Weise durch das Geräusch des um ihn sich abspielenden Verkehrs belästigt und umgekehrt belästigt das Sprechen in der Zelle durchaus nicht den Verkehr außerhalb der Zelle. Es ist auch ausgeschlossen, dafs man außerhalb verstehen kann, was darin gesprochen wird.

Da das feuersichere Material dieser Telephonzellen nicht nur ein schlechter Schallleiter, sondern auch ein schlechter Wärmeleiter ist, so herrscht in diesen Räumen immer eine verhältnismäßig kühle Temperatur, die das Telephonieren nicht zu einer lästigen Tätigkeit, wie in den Holzverschlägen, werden läfst.

Nun gehört allerdings, um eine solche Telephonzelle aufzustellen, ungefähr ein Quadratmeter Raum dazu. In vielen Geschäften steht leider dieser Raum nicht zur Verfügung. Hier in Berlin, z. B., wo wir vielfach in Zigarrengeschäften usw. Telephone haben, sind die Platzverhältnisse meist so ungünstig, dafs nicht einmal ein Quadratmeter Raum zur Verfügung steht. Um aber auch hier allen Bedürfnissen Rechnung zu tragen, bringt die genannte Firma eine zusammenlegbare Telephonhaube zur Einführung, wie Sie eine solche hier sehen (Fig. 3). Diese nimmt im zusammengelegten Zustande keinen irgendwie nennenswert in Betracht kommenden Raum fort. Man wird zugestehen, dafs der geringe Raum an der Wand für eine Telephonhaube anderweit kaum praktisch ausgenutzt werden kann. Es genügt das Loslassen der Schnur, um den Telephonierenden vollständig den Blicken der Umstehenden zu entziehen (Fig. 4). Damit andererseits der Telephonierende Notizen machen kann, damit er also nicht im Finstern steht, sind oben Scheiben angebracht, sodafs er Licht genug hat, um im Telephonbuch nachzuschlagen usw. Sie sehen, dafs ein einziger Zug genügt, um die Telephonhaube wieder hochzuziehen. Wenn eine solche Telephonhaube auch nicht den Effekt haben kann, das Gespräch so zu dämpfen wie eine Telephonzelle, so hat sie doch im Geschäftsverkehr den Vorteil, dafs sie den Telephonierenden den Augen der Umgebung voll entzieht, dafs der Sprechende selbst deutlich versteht und die andern Personen im Laden nicht belästigt werden.

M. H., die in wenigen Worten von mir besprochenen Einrichtungen zum ungestörten Telephonieren sind selbstverständlich keine welterschütternden Erfindungen; aber ich glaube sagen zu dürfen, sie sind ein Beweis dafür, dafs der deutsche Gewerbefleiß rastlos bestrebt ist, allen Bedürfnissen des praktischen Lebens durch zweckmäßige Vorrichtungen Rechnung zu tragen.

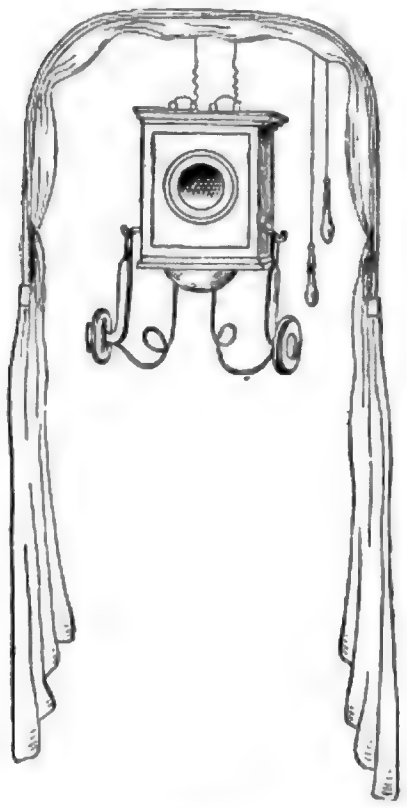


Fig. 3.

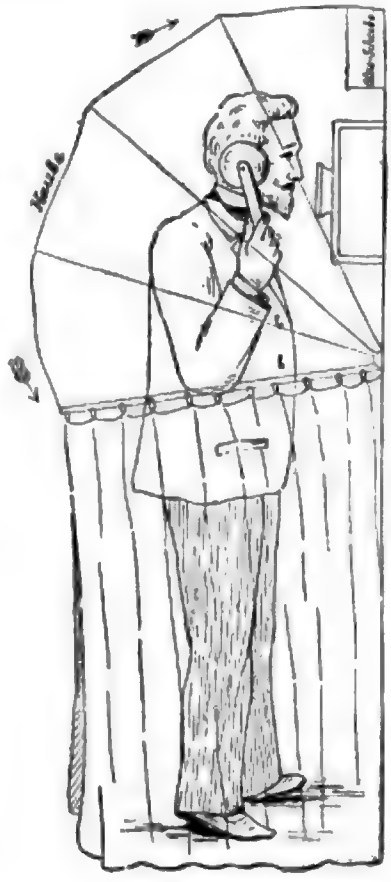


Fig. 4.

Herr Prof. Dr. W. Wedding: M. H., nach den Ausführungen des Herrn Vortragenden könnte es scheinen, als wenn zu einer guten telephonischen Vermittlung eine solche Zelle das Hauptbedürfnis ist. Ich meine doch, in erster Linie kommt es darauf an, gut brauchbare Telephonapparate und sachgemäfse Leitungsanlagen zu haben, die die Bedingungen zu einer deutlich wahrnehmbaren Verständigung erfüllen. Ich möchte darauf aufmerksam machen, dafs gerade in den letzten Jahren die sogenannten lautsprechenden Telephone und wesentlich vervollkommneten Mikrophone als recht bedeutende Fortschritte im Fernsprechbetrieb zu bezeichnen sind. Und wenn der Herr Vortragende zu Eingang seines Vortrags auseinandersetzte, dafs das Verständnis in Maschinenräumen durch den Lärm der Maschinen erschwert würde, so möchte ich

Digitized by Google

darauf hinweisen, dafs man durch diese sogenannten lautsprechenden Telephone, und Anwendung der Körnermikrophone Apparate geschaffen hat, die mit einem Trichter in den Maschinenraum münden und durch deren Vermittlung man sich auf viele Meter Entfernung von der Mündung des Apparates verständigen kann. Der Maschinist hört trotz des Lärms der Maschine recht gut.

Dann möchte ich noch den Herrn Vortragenden fragen, was er unter der mineralischen Kunstmischung versteht. Es wäre wohl gut, wenn wir hier im Verein hörten, was die Grundlage dazu bildet.

Herr Ingenieur P. M. Grempe: Es ist mir bekannt, dafs es lautsprechende Körnermikrophone gibt und dafs diese vielfach den Verhältnissen genügen, welche in einzelnen Fällen gegeben sind. Aber meist sind die Fabrikräume so eingerichtet, dafs die Anbringung eines solchen Schallbretts einfacher und billiger sein wird als die Anschaffung eines Körnermikrophons.

Bezüglich der mineralischen Kunstmischung kann ich nur sagen, dafs das Bindemittel Gips ist und dafs die Firma auf Grund ihrer langjährigen Erfahrungen verschiedene mineralische Bestandteile zumischt, die wohl im grofsen und ganzen Fabrikgeheimnis sind.

Herr Zivilingenieur C. Frank: Ich möchte zur Steuer der Wahrheit für das lautsprechende Telephon bemerken, dafs das Telephon laut spricht; aber hinein mufs man doch leise sprechen und da würden Maschinengeräusche auch störend wirken. Das hat also nur Bezug auf den Hörer.

Vorsitzender: Ich danke dem Herrn Redner und schliefse die Sitzung.

Rede Sr. Exzellenz des Herrn Handelsministers Möller

bei der Feier des Stiftungsfestes am 18. Januar 1904.

Meine verehrten Herren!

Der Herr Vorredner hat des Lobes so viel, viel zu viel über mich gesagt. Ich tat nichts als meine verfluchte Pflicht und Schuldigkeit, wenn ich mich dahin gesetzt habe, wohin ich gegenwärtig durch die Gnade Seiner Majestät berufen bin, und ich werde weitergehen, in derselben Weise meine Arbeit tun, soweit es meine schwachen Kräfte vermögen. Ich habe allerdings als der seit langer Zeit nicht dagewesene Ruf Seiner Majestät an mich als einen Mann aus dem Gewerbe erging, es für meine Pflicht gehalten, diesem Ruf zu folgen. Wir leben jetzt in dem Zeitalter, in dem die Männer der Arbeit die Mittel schaffen müssen für unsere politische Macht. Da, meine ich, ist es Pflicht jedes Mannes aus der Praxis, dem Gelegenheit zum Eingreifen in die Geschäfte des Staates gegeben ist, diese Gelegenheit mit Dank zu ergreifen. Etwas anderes habe ich nicht getan und für nichts anderes gebührt mir Lob.

M. H., gestatten Sie mir, dafs ich ein klein wenig zurückgreife auf die Zeit, seitdem ich zuletzt vor Ihnen gesprochen habe. Im vorigen Jahre mufste ich leider anderswo weilen und konnte nicht, wie das alte Gewohnheit in Ihrem Vereine ist, an Ihrem Jahresfeste teilnehmen. Seit ich vor zwei Jahren unter Ihnen weilte, haben die trüben Zeiten, die wir damals durchzumachen hatten, ja einer erheblichen Besserung wieder Platz gemacht. Wenn ich mich recht erinnere, habe ich damals auch ermahnt, nicht zu verzagen in den schlechten Jahren. Ich meine, dafs ich damals auch ausgeführt hätte, dafs schlechte Zeiten immer eine gute Prüfung für die Industrie sind, dafs in schlechten Zeiten man sich wieder besinnt, dafs man manches, was man im Übermut der guten Zeit zu viel getan hat, wieder gutmachen mufs, dafs man manches, was man in den guten Zeiten als nicht notwendig erkannt hat, nachholen mufs, und ich meine, wir haben diese beiden letzten Jahre im allererheblichsten Maße dazu benutzt, etwaige Überschwenglichkeiten der glänzenden Jahre zu Ende des vorigen Jahrhunderts wieder auszugleichen durch die allerintensivste eifrige Arbeit, und dafs wir damit wieder ein gut Stück vorangekommen sind. Haben wir doch auf dem Gebiete des Verkehrswesens, dem Ihr Herr Vorsitzender ja mit vorsteht, in den letzten Jahren den größten Fortschritt gemacht, der in der letzten Zeit zu verzeichnen gewesen ist; haben wir doch

die letzten Versuche erlebt, in welchen Menschen mit der Geschwindigkeit von mehr als 200 Kilometer in der Stunde befördert worden sind. M. H., das ist ein hochinteressanter Versuch, von dem ich nicht zweifle, dafs er über kurz oder lang auch Einführung in die Praxis finden wird. Mit Recht können wir vielleicht sagen, dafs es sich noch nicht bezahlt macht, mit so großer Geschwindigkeit zu fahren. Immerhin ist durch die Geschwindigkeit der rein elektrischen Lokomotive der Anstoß dazu gegeben, dafs, wie wir aus den Blättern gehört haben, die Verwaltung meines Herrn Nachbars (des Vereinsvorsitzenden Unterstaatssekretär Fleck) jetzt dazu schreiten will, auch Dampflokomotiven zu schaffen, die mit der Geschwindigkeit von 130 Kilometern fahren. M. H., auch das würde wiederum ein gewaltiger Fortschritt sein, wie wir ihn selten gemacht haben. Es kann ja sein, dafs aus dieser neuen Veränderung im Verkehrswesen eine neue Periode des Eisenbahnbaues entsteht, und die Entwicklung des Eisenbahnbaues ist von jeher die Grundlage der gesamten wirtschaftlichen Entwicklung gewesen. Ich habe schon vor einigen Monaten an anderer Stelle etwas Ähnliches ausgeführt und erlaube mir die Zahlen hier zu wiederholen, weil sie in der Tat von allgemeinem Interesse sind.

M. H., wir haben die schlechten Zeiten der letzten drei Jahre nur überwinden können, weil unsere verehrten Vettern über dem großen Wasser in so kräftiger Weise in den Eisenbahnbau eingetreten sind, während wir hier an den Folgen des wirtschaftlichen Überschwanges der vorhergegangenen Jahre krankten. In den letzten drei Jahren haben die Vereinigten Staaten von Nordamerika in jedem Jahre ungefähr ein Viertel der Länge unseres gesamten preußischen Eisenbahnnetzes gebaut. M. H., dafs das einen großen Bedarf an Eisen ergibt, das liegt auf der Hand, und die nächste Zukunft der wirtschaftlichen Entwicklung der ganzen Welt wird meines Erachtens davon abhängen, ob und wie lange der finanzielle Atem der Vereinigten Staaten ausreicht, um einigermaßen in gleichem oder ähnlichem Tempo weiter vorwärtszuschreiten. Etwas eingeschränkt ist dieses Tempo; das merken wir an dem Rückgange der Eisenpreise in Amerika und haben es an den gefüllten Zwischendecken der Ozeandampfer, die von Amerika zurückkehren, gemerkt. Es hat sich jetzt umgekehrt, was früher undenkbar schien: die Menschenströme, die vor wenigen Jahren hinübergingen, wallen zurück zu uns und suchen hier Arbeit, die sie drüben nicht mehr finden.

Das führte mich dazu, Ihnen nochmals vorzuführen, wie die Welt, deren Arbeit sich früher im kleinsten engsten Kreise abspielte, größer und größer wird, wie nicht Europa allein mehr das Gebiet unserer Tätigkeit ist, sondern jetzt die Vereinigten Staaten von Amerika schon vollständig in das Gebiet unserer gesamten Kulturtätigkeit eingeschlossen sind. Wie das Wetter sehr häufig wechselt, wie häufig, und auch in diesem Jahre, kalte Wellen über den amerikanischen Kontinent niedergegangen sind, und uns gnädig verschont haben, so sind auch die wirtschaftlichen Wellen, die früher manchmal gemeinsam gingen, getrennt gegangen — und das zu unserem großen Glück. Wir wollen hoffen, dafs das auch für eine weitere und längere Zukunft so bleiben wird; denn nur der Umstand, dafs, während wir unsere Aufschwungsperiode überwunden hatten, Amerika in eine neue Hausseperiode eintrat, sodafs die Vereinigten Staaten uns die Überproduktion unserer Waren abnahmen, hat uns die sogenannte Krisis von 1900

verhältnismäßig leicht überwinden lassen. Wären die beiden Niedergangsperioden gleichmäßig gekommen, so wären mit ganz anderer Intensivität alle die schädlichen Erscheinungen der Überproduktion, die wir haben erleben müssen, aufgetreten, während jetzt die beiden Krisen glücklich ineinander verlaufen sind. Könnte man das alles schön von obenher einrichten, so würde man das in Zukunft wiedermachen. Leider ist man aber machtlos gegen die Vernunft oder Unvernunft der Menschen; man mufs es nehmen, wie es kommt. Im ganzen ist meine Erfahrung eben dahin gegangen, die Menschen als großer Haufe tun nichts aus kluger Überlegung, sondern es wirkt meist der blinde Zufall und das Schlagwort, und vernünftig werden sie nur durch Schaden am eigenen Leibe.

So spiegelt sich auch gegenwärtig unser ganzes politisches, unser soziales Leben ab. Die Gegensätze sind furchtbar geschärft und alle die weisen Leute, die glauben, sie könnten mit klugen Regeln und kluger Überlegung in diesem Chaos Ordnung schaffen, — ich glaube, sie täuschen sich. Wir werden aus allen Schwierigkeiten, in denen wir uns gegenwärtig befinden, wie ich fürchte, nur durch irgend eine große Katastrophe einmal herausgerissen werden. Der Deutsche unterliegt dieser Lebensregel, möchte ich sagen, in noch höherem Maße als irgend eine andere Nation. Der Deutsche läfst sich viel mehr von seinem Gefühl leiten wie andere Nationen, unterliegt den zeitweiligen geistigen Strömungen in äußerst lebhafter Weise.

Die Entwicklung Deutschlands in politischer Beziehung ist nicht erfreulich. Wir sind bei Gründung des Reichs, bei der die höchsten Ideale das ganze Land und das ganze Volk regierten, in eine Zeit gekommen, in dem die Ideale zu manchen theoretischen Fehlgriffen wie ich glaube, geführt haben, und diese theoretischen Fehlgriffe haben zu einer Reaktion nach der praktischen, nach der selbstischen Seite geführt. In dieser Reaktion befinden wir uns gegenwärtig, und erst, wenn diese Reaktion des Egoismus zu schweren Übelständen geführt haben wird, wird eine Änderung kommen. Hoffen wir, dafs sie nicht zu lange auf sich wird warten lassen. Aber auf die gegenwärtigen politischen Fragen einzugehen, die der Herr Vorredner angeführt hat, werden Sie mir nicht zumuten. Sie werden sich schon gedulden müssen, bis die Kanalvorlage in dem Abgeordnetenhause eingebracht ist (Heiterkeit), gedulden müssen, bis die Handelsverträge abgeschlossen sind, um zu sehen, wie die neuen ausschauen. (Heiterkeit.)

M. H., nichts ist verkehrter, als zu glauben, dafs auf sozialpolitischem oder wirtschafts-politischem Gebiete es irgendwie dauernd richtige Gesetze gebe. Diese Gesetze wandeln sich fortwährend. Die geistigen Strömungen der Nation werden sich immer erheblich ändern, und wie ich schon vorher sagte, dafs der Egoismus heute eine der stärksten Mächte ist, so regiert dieser Egoismus nicht nur bei uns in Deutschland, nein, er regiert in der ganzen Welt, und so gut, wie zu früheren Zeiten die Idee des Freihandels mehr oder minder durch die ganze Welt gewandert ist und nicht die Eigenart einer einzigen Nation oder einzelner Menschen war, so geht augenblicklich der protektionistische Zug durch die ganze Welt und ergreift augenblicklich selbst das Land, von dem die Freihandelslehre ausgegangen ist, meines Erachtens so rettungslos, dafs nicht daran zu denken ist, dafs die Freihandelslehre praktische Erfolge in der nächsten Zukunft

Digitized by Google

noch wird bringen können. Aber, m. H., das dauert gerade so lange, bis die neue Entwicklung sich für die einzelnen Staaten als im hohen Grade schädlich erwiesen haben wird, und sobald das der Fall sein wird — ich will hoffen, dafs es ohne Katastrophe abgeht — wird die Zeit kommen, dafs es an uns sein mufs, den anderen Weg wieder zu beschreiten.

M. H., diese Wandlungen werden ja nicht nur auf dem wirtschafts-politischen Gebiete gemacht; dieselben Wandlungen vollziehen sich in der Kunst, fast möchte ich sagen auch in der Wissenschaft — in der Kunst namentlich. In der Kunst wird immer angefangen werden von den ersten Anfängen der griechischen Kunstentwicklung bis zu dem Ende einer überreifen Kunstentwicklung, wie die Römer zur späten Kaiserzeit sie uns gebracht haben. So ist die Kunst von der Vorzeit der Renaissance wieder herausgewachsen zum Rokoko und Empire und wir schnelllebigen Menschen haben dann dieselbe Kunstperiode, zu denen man früher Jahrhunderte gebrauchte, in wenigen Jahrzehnten wieder durchlaufen, um jetzt lange über das Ende der bisherigen Kunstentwicklung hinaus zu sein und jetzt zu sehen, wie die Künstlerschaft ringt nach neuen Formen. Ich hoffe, dafs auch auf diesem Gebiete der Kunst wiederum der Kreislauf beginnen wird und dafs neue schöne Wandlungen gefunden werden. Ebenso, dafs auf dem Gebiet der Wirtschaftspolitik wir wieder dahinkommen werden, das Recht der Allgemeinheit über das Recht der Selbstsucht, des Egoismus zu stellen. Und ebenso auf dem Gebiet der Sozialpolitik. M. H., auf dem Gebiet der Sozialpolitik sind wir gegenwärtig in großer Gefahr, dafs eine Klassenherrschaft durch eine andere Klassenherrschaft abgelöst wird. Klassenherrschaft ist aber unter allen Umständen verwerflich. Das Ideal ist das Gleichmaß der Kräfte der verschiedenen Klassen. Wir werden aber wohl auf dieses schöne Ideal ewig warten müssen, wir werden uns immer in der ewigen Bewegung und im Kampfe der verschiedenen Kräfte gegen einander befinden.

Hoffen wir, dafs unsere Nation alle diese Kämpfe in der nächsten Zeit günstig wird überwinden können und dafs in unserer großen Nation die vielen Kräfte, die in uns arbeiten, vereint weiter bestehen und blühen mögen. Ihr Verein, m. H., hat auch zu denen gehört, die Deutschland aus kleinen Anfängen zu großen Erfolgen begleitet haben. Hoffen wir, dafs der Weg zu weiterer Größe Ihnen und uns allen beschieden sein möge. Der Tätigkeit des Vereins gilt mein Glas: „Ihr Verein lebe hoch!“

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Bericht über die Sitzung vom 7. März 1904.

Vorsitzender Unterstaatssekretär Fleck, später Geheimer Bergrat Prof. Dr. Wedding.

Vorsitzender Unterstaatssekretär Fleck: M. H.! Der Verein hat in einer heut stattgehabten vertraulichen Sitzung auf Antrag seines Technischen Ausschusses den Beschluſs gefaſst, die Herren Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Reuleaux und Dr. Frank zu seinen Ehrenmitgliedern zu berufen. (Bravo!)

Herr Geh. Bergrat Dr. Wedding ist am 1. Januar d. J. in das fünfte Jahrzehnt seiner Mitgliedschaft im Verein eingetreten und Herr Dr. Reuleaux steht an der Schwelle dieses Zeitraums. Herr Dr. Frank gehört ebenfalls seit langen Jahren, mehr als einem Vierteljahrhundert dem Verein an. Die drei Herren haben selbstlos und unermüdlich ihre Arbeitskraft und ihre Zeit, wie ihre reiche Erfahrung in den Dienst des Vereins gestellt und sich um die Förderung des Gewerbfleißes in Deutschland, der unser Verein dient, reiche Verdienste erworben, jeder in seinem Kreise und in seiner Weise. Ich darf, m. H., in dieser festlichen Stunde an die unvergeſslichen Worte Beuths erinnern, die er bei der Eröffnung unseres Vereins vor mehr als 80 Jahren gesprochen hat, die Dr. Reuleaux in seiner Festrede am fünfzigsten Jahrestage treffend einer „Erzinschrift“ verglich:

> „Der Gewerbfleiß ist die Grundlage des Reichtums einer Nation; und da wahrer Gewerbfleiß nicht ohne Tugend denkbar ist, so ist er auch die Grundlage der Nationalkraft überhaupt.“

Der Verein erfüllt nur eine Pflicht der Dankbarkeit und ehrt sich selbst, wenn er diese treuen, um die Förderung des Gewerbfleißes hochverdienten Männer zu seinen Ehrenmitgliedern beruft.

Ich bitte Herrn Geheimen Bergrat Dr. Wedding, den ich zu meiner Freude jetzt vor mir sehe, darum, diese Ehrung von uns anzunehmen und mir zu gestatten, ihm das Diplom in den nächsten Tagen persönlich zu überreichen.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: M. H.! Ich danke Ihnen von ganzem Herzen für die große Ehrung, die Sie mir zu Teil haben werden lassen. Unter der Ernennung zum Ehrenmitgliede versteht man gewöhnlich die Absicht, jemandem nur Rechte zuzuerkennen, ohne daſs er Pflichten hat. So möchte ich aber meine Ernennung zum Ehrenmitglied ungern aufgefaſst sehen; denn ich habe die größte Lust,

Digitized by Google

auch noch ferner den Pflichten, die mir im Vereine obliegen, umfassend zu genügen, und um Ihnen meine Lust an der Arbeit zu beweisen, gestatte ich mir, dem Vereine hiermit kurz vor dem Schlusse meines 70. Lebensjahres die erste Lieferung des dritten Bandes der 2. Auflage meiner großen „Eisenhüttenkunde“ zu überreichen. Wollen Eure Exzellenz diese kleine Gabe freundlichst entgegennehmen.

Nochmals also meinen verbindlichsten Dank für die unerwartete Ehrung. Es wird mir der heutige Tag unvergefslich sein. Ich werde mich in der mir noch vergönnten Spanne meines Lebens bemühen, im Vereine zur Beförderung des Gewerbfleißes dazu beizutragen, was der Herr Vorsitzende in den Worten Beuths ausdrückte, den Wohlstand und die Kraft des Vaterlandes zu heben und es auf der Stufe zu erhalten, die es heute in dem Bunde aller Staaten einnimmt.

Sitzungsbericht:

Die Niederschrift der Sitzung vom 1. Februar wird genehmigt.

Aufgenommene Mitglieder:

Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken in Berlin; die Direktion der Königlichen Fachschule Schmalkalden; Herr Direktor Julius Schaefer in Düsseldorf und Herr Geheimer Regierungsrat G. Behrendt in Berlin.

Angemeldete Mitglieder:

Herr Prof. Dr. F. Rathgen, Chemiker an den Königlichen Museen in Berlin und Herr Karl Arnheim i. F. S. J. Arnheim in Berlin.

Mitteilungen des Vorstandes:

Vorsitzender: Es liegen die Kassenabschlüsse des Vereins und der Seydlitzstiftung vor. Die Kasse des Vereins schließt für das vierte Vierteljahr 1903 in Einnahme mit 14 400,78 ℳ, in Ausgabe mit 14 302,98 ℳ, so dafs ein Bestand von 97,80 ℳ verbleibt. Für das ganze Jahr 1903 verzeichnet der Kassenabschlufs eine Einnahme von 41 628,68 ℳ und eine Ausgabe von 41 530,88 ℳ, so dafs derselbe Bestand von 97,80 ℳ am Schlusse des Jahres verblieben ist.

Die Seydlitzstiftung schließt für das Jahr 1903 in Einnahme mit 43 896,02 ℳ und in Ausgabe mit 37 857,55 ℳ, so dafs der Bestand 6039,07 ℳ beträgt. Die Jubiläumsstiftung hatte im Jahre 1903 1440,64 ℳ Einnahme und 1195,50 ℳ Ausgabe, somit einen Bestand von 245,14 ℳ. Der Fond der Delbrück-Denkmünze besteht aus einem Baarbestand von 265,25 ℳ und aus 2000 ℳ Effekten, der Fond für das Grabdenkmal von Beuth aus einem Baarbestand von 72,70 und 1575 ℳ Effekten. — Die Rechnungen werden der Abteilung für das Kassen- und Rechnungswesen zugehen.

Von der städtischen Stiftungsdeputation des Magistrats ist mir die Mitteilung geworden, dafs der Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes laut Testament und Statut der Jagor-Stiftung, die von dem verstorbenen Dr. Andreas Fedor Jagor 1886 in Berlin errichtet ward, berufen ist, für das Kuratorium der Stiftung ein Mitglied zu ernennen. Das Stiftungskollegium fordert dazu auf, ein Mitglied zu bezeichnen. Ich bitte um die Ermächtigung für den Technischen Ausschufs, die Wahl Namens des Vereins vorzunehmen. — Der Antrag ist angenommen.

Vom Technischen Ausschufs werden an Druckschriften vorgelegt: Statistisches Jahrbuch für den Preußischen Staat und Verzeichnis der Veröffentlichungen des Königl. Preufsischen Statistischen Bureaus; der Bericht des Professor Holz in Aachen vom 15. Mai 1902 an den Minister für Handel und Gewerbe in Berlin über die Wasserverhältnisse der Provinz Westpreußen hinsichtlich der Benutzung für gewerbliche Zwecke; die Geschichte der Metalle, Vorkommen und Gewinnung nebst ausführlicher Produktions- und Preisstatistik von Dr. Bernhard Neumann, Privatdozent an der Großherzoglichen Technischen Hochschule in Darmstadt — preisgekrönt von unserem Verein! —; Acetylen als Mittel zur Beleuchtung kleinerer Städte und Ortschaften. Auf Veranlassung des Deutschen Acetylen-Vereins verfafst von Professor Dr. J. H. Vogel in Berlin; „Iron and steel alloys" by R. A. Hadfield, Manager Hecla Works, Sheffield, England; Handelskammer Graudenz, Bericht über die 15. Plenarsitzung vom 30. November 1903, und Handelskammer Essen, Jahresbericht 1903.

Vom Technischen Ausschufs ist über den Vorschlag zu berichten, ein Mitglied zum Kongrefs des Internationalen Verbandes für Materialprüfung der Technik in Petersburg zu entsenden.

Herr Geheimer Bergrat Wedding: M. H.! Sie haben mich zu diesem Kongresse, der durchschnittlich alle drei Jahre stattfindet, jedesmal entsendet, und ich hoffe, Sie werden nichts dagegen haben, wenn ich, entsprechend dem Vorschlage des Technischen Ausschusses, den Verein auch in diesem Jahre vertrete — natürlich vorausgesetzt, dafs der Krieg das Zustandekommen erlaubt.

Vorsitzender: Der Antrag ist angenommen. Damit treten wir in die technische Tagesordnung ein und ich bitte Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. Witt das Wort zu nehmen.

Technische Tagesordnung.

1. Die künstlichen Seiden.

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Otto N. Witt: Zu den reizendsten Episoden in der Geschichte der Erfindungen gehört die von der chinesischen Geschichtsschreibung uns überlieferte Schilderung der Begründung der Seidenindustrie durch den sinnigen Kaiser Hoang-Ti etwa um das Jahr 2650 vor Beginn unserer Zeitrechnung. Dafs der genannte Monarch mit seinen Beobachtungen und ihrer klugen Verwertung nicht allein stand, ist uns später durch die Erforschung der Geschichte der wilden Seiden gezeigt worden, über welche ich vor einer Reihe von Jahren in diesem Verein zu sprechen die Ehre hatte.

In der Tat ist es unmöglich, eine Seidenraupe bei ihrem Spinngeschäft zu beobachten, ohne sich zu fragen, ob man nicht den feinen Faden, den das niedliche Tier so sorgfältig aufwickelt, nicht auch wieder abwickeln und beliebig verwenden könnte. Die Frage und ihre experimentelle Prüfung liegen so nahe, dafs wir sie bei den meisten Völkern in einem frühen Stadium kultureller Entwickelung auftauchen sehen. Der

Digitized by Google

hochkultivierte, an naturwissenschaftliches Denken gewöhnte Mensch geht noch einen Schritt weiter: Er fragt sich, ob es nicht möglich wäre, den Spinnprozefs selber zu wiederholen und unabhängig von einem Tier, dessen Aufzucht nicht geringe Mühe verursacht, die Seide, die vollkommenste aller Fasern, herzustellen.

Dafs auch dieser Gedanke die logische Konsequenz einer sinnigen Naturbeobachtung ist, dafür haben wir einen klassischen Zeugen in Réaumur, jenem geistvollen Forscher des 18. Jahrhunderts, der das Unglück gehabt hat, durch die wenigst bedeutende seiner Entdeckungen und Erfindungen, nämlich das achtzigteilige Thermometer, die Unsterblichkeit zu erwerben. Réaumur hat in einem im Jahre 1734 erschienenen Werke sehr treffende Betrachtungen über die hier aufgeworfene Frage angestellt, welche anderthalb Jahrhunderte lang unbeachtet geblieben sind, um dann, als das von dem genialen Manne Vorgeahnte zur Tat geworden war, desto häufiger zitiert zu werden.

Zu einer wörtlichen Zitierung Réaumurs habe ich um so weniger Veranlassung, als es eine fast allgemein gültige Regel ist, dafs die grofsen Erfindungen des neunzehnten Jahrhunderts von den beschaulichen Denkern des achtzehnten vorgeahnt worden sind. Nicht darin aber besteht das Wesen der Erfindung, dafs man sich sagt, wie hübsch es doch wäre, wenn man dieses oder jenes zu Stande brächte, sondern darin, dafs man auch den Mut und die Ausdauer hat, einen solchen Gedanken zur Tat zu machen. Aber nicht nur Mut und Ausdauer machen den Erfinder, sondern es mufs noch eine ganz besondere Eigenschaft als dritte im Bunde hinzukommen. Es ist dies eine gewisse Blindheit gegen die theoretischen Bedenken, welche fast jedem neuen Problem entgegen stehen und deren klare Erfassung den besten Erfindermut zu Schanden machen könnte. Desto interessanter ist es, sich nach geschehener Lösung des Problems die theoretischen Grundlagen der neuen Errungenschaft vor Augen zu halten. Aus solchen Betrachtungen werden dann nicht selten neue Probleme geboren.

Von diesem Standpunkte aus, meine Herren, möchte ich Ihnen heute abend das Kunstseidenproblem und die Lösungen, die dasselbe gefunden hat, vorführen. Ich brauche die Aufgabe, welche der Technische Ausschufs mir stellte, als er mich um diesen Vortrag ersuchte, um so weniger bloß vom Standpunkte des gewissenhaften Chronisten aus zu behandeln, als ihr eine derartige Bearbeitung bereits wiederholt in ausgezeichnetster Weise zuteil geworden ist. Wir besitzen eine musterhafte, streng quellenmäßige Monographie des Gegenstandes aus der Feder des Herrn Reg.-Rat Dr. Süvern und bei Gelegenheit des im verflossenen Sommer hier abgehaltenen V. Internationalen Kongresses für angewandte Chemie hat Herr Dr. Max Müller, welcher selbst auf diesem Gebiete tätig ist, in einem fesselnden Vortrage einen anschaulichen Überblick über das nun schon recht grofse Feld der Kunstseidenindustrie gegeben.

An dem Ausbau dieser Industrie sind die drei technischen Nationen Mitteleuropas beteiligt, aber ihr Pionier, der Mann, der in sich die oben erwähnten Eigenschaften in genügendem Maße vereinigte, um als Erster den Traum Réaumurs zur Tat zu machen, war ein Landsmann des grofsen Akademikers, der Graf Hilaire de Chardonnet in Besançon. Im Jahre 1885 nahm derselbe sein erstes Patent, 1889 konnte er auf der damaligen Pariser Ausstellung der erstaunten Welt beweisen, dafs

Digitized by Google

auch der fleißigen Seidenraupe ein leistungsfähiger Konkurrent in Form einer Maschine erstanden war. Daſs Chardonnet nicht allein blieb, daſs für das von ihm so erfolgreich bearbeitete Problem auch noch andere selbständige Lösungen möglich waren und sehr bald auch gefunden wurden, liegt in der Natur der Sache. Chardonnet hatte mit seiner Spinnmaschine den Weg in eine neue Welt gefunden, er hatte die Welt der künstlichen Spinnfasern entdeckt. Eines nach dem anderen landen unsere Schiffe an den Ufern dieser neuen technischen Welt. Unabsehbar dehnen sich vor unseren Blicken die weiten Ebenen, auf denen in der Zukunft sicherlich tausende von fleißigen Händen sich regen werden.

Was es aber heißen wollte, das erste Schiff nach den unbekannten Gestaden zu steuern, das werden wir erkennen, wenn wir versuchen, das keineswegs einfache Kunstfaserproblem auf seine wissenschaftlichen Grundlagen zurückzuführen. Zu diesem Zwecke müssen wir uns daran erinnern, wie die natürliche Seide entsteht.

Die Seide, und zwar die echte Maulbeerseide von Bombyx mori (von den wilden Seiden, bei welchen die Verhältnisse zum Teil anders liegen, sei hier zunächst abgesehen), ist deshalb die edelste aller Fasern, weil sie die morphologisch einfachste ist. Sie ist ein erstarrtes Sekret, ist somit strukturlos und bildet im rohen Zustande einen aus zwei lose mit einander verkitteten Zylindern bestehenden Doppelfaden, im entschälten Zustande, so wie sie schließlich verwoben wird, sogar nur einen einfachen Zylinder von 1400—2000 Meter Länge und durchschnittlich 0,02 Millimeter Dicke. Wie allgemein bekannt, entsteht sie durch Erstarrung einer dickflüssig syrupösen Flüssigkeit, welche während der ganzen Lebenszeit des Tieres in den beiden Spinndrüsen desselben angesammelt und aus den in der Unterlippe des Mundes vorhandenen Öffnungen der beiden mit ihren Enden verwachsenen Ausführungskanäle dieser Drüsen herausgepreſst wird. Für die Bildung des Fadens aber ist das bloße Herauspressen nicht ausreichend, sondern es muſs aus sogleich zu erörternden Gründen noch ein Zug ausgeübt werden. Für diesen sorgt das Tier, indem es während des Spinngeschäftes fortwährend das Köpfchen hin- und herbewegt. Die austretende, äußerst viscose, fadenziehende Flüſsigkeit erstarrt ungemein rasch zum festen Faden, durch welche Ursachen, mag dahingestellt bleiben. Dieser Faden wird dann im Kokon höchst regelmäßig aufgewickelt, man möchte fast sagen, gespult.

Von den Schwierigkeiten, welche der Bildung eines Fadens oder Drates durch Erstarrung eines Flüſsigkeitsstrahles entgegenstehen, hat sich Chardonnet bei Ausarbeitung seiner Erfindung offenbar niemals Rechenschaft gegeben. Er hat einfach so genau wie möglich die Tätigkeit der Seidenraupe nachzuahmen gesucht. Da uns aber die Chemie bis auf den heutigen Tag kein Mittel an die Hand giebt, das Material, aus welchem die echte Seide besteht, das zu den Proteinkörpern gehörige Fibroin, nachzubilden, so muſste Chardonnet von vornherein damit beginnen, nach einem, dem Spinnstoff der Raupe möglichst ähnlichen Material für seine Zwecke zu suchen. Er fand dasselbe im Collodion, seine Nachfolger haben andere Spinnstoffe gewählt. Aber keiner dieser Körper entspricht in seinen Eigenschaften genau der Spinnflüssigkeit der Seidenraupe. Daraus ergibt sich eine Fülle von Schwierigkeiten, für deren Überwindung eine ganz erstaunliche Fülle von Scharfsinn aufgeboten worden ist. Nicht wenig aber bleibt noch zu tun übrig.

Für das Verständnis der ganzen Frage ist es von hohem Interesse, das Problem des Seidenspinnens rein physikalisch und losgelöst von jedem bestimmten Material, auf welches dasselbe angewandt werden soll, zu betrachten. Die Möglichkeit dazu wird uns durch die klassischen Untersuchungen von Lord Rayleigh und von Boys über das Wesen der Flüssigkeitsstrahlen gegeben. Durch diese schönen, unter Zuhilfenahme photographischer Methoden durchgeführten Arbeiten ist der Nachweis geliefert worden, dafs es kaum eine vergänglichere Erscheinung gibt, als den frei fließenden Strahl einer Flüssigkeit. Selbt da, wo wir ihn noch zusammenhängend zu sehen glauben, ist er schon in Tropfen aufgelöst. Die Ursache dieser Tropfenbildung ist die bekannte Oberflächenspannung der Flüssigkeiten, welche dieselben fortwährend zwingt, die kleinste Raumerfüllung zu suchen. Zwischen dieser Oberflächenspannung und der lebendigen Kraft, mit welcher die Flüssigkeitsteilchen die zylindrische Bahn des Strahles einzuhalten bestrebt sind, entsteht ein Kampf, der in rythmischen Schwingungen zum Ausdruck kommt, durch welche zunächst Einschnürungen, später Tropfen gebildet werden, welche in fortwährenden Schwingungen schließlich die Kugelgestalt annehmen. Die Abstände der Einschnürungen und das ganze Phänomen der Tropfenbildung ist natürlich abhängig von der Schnelligkeit, mit welcher die Molecüle der im Strahle fließenden Flüfsigkeit dem Zwange der Oberflächenspannung gehorchen können, von der inneren Reibung oder der Viscosität der Flüssigkeit. Bei Äther, welcher eine sehr geringe Viscosität besitzt, erfolgt die Tropfenbildung mit größter Leichtigkeit. Für Wasser hört die zylindrische Gestalt auf, ein stabiles Gebilde zu sein, sobald die Länge des zylindrischen Strahles das 3,7 fache seines Durchmessers übersteigt. Bei noch viscoseren Flüssigkeiten wird die Tropfenbildung noch später einsetzen, dafür wird es aber auch immer schwieriger, ihnen beim Fließen die lebendige Kraft mitzuteilen, welche die zylindrische Gestalt des Strahles zu erhalten bestrebt ist. Keine Flüssigkeit aber kann auf irgend wie erhebliche Zeit hinaus die Form eines zylindrischen Strahles ohne Tropfenbildung beibehalten und ebenso ergibt es sich aus dem zahlenmäßigen Verhältnis zwischen Strahldicke und Einschnürungsabstand, dafs jeder cylindrische Flüssigkeitsstrahl um so kürzer werden mufs, je dünner er ist.

Die Tendenz eines zylindrischen Strahles, sich in kugelige Tropfen aufzulösen, wird nicht nur von der Viscosität der fließenden Flüssigkeit beeinflufst, sondern auch von anderen Faktoren, insbesondere von der Natur des Mediums, innerhalb dessen das Fließen stattfindet. Dies ist für die Herstellung von Kunstseide wichtig. Wir werden sehen, dafs die Mehrzahl der Kunstseideverfahren die Tatsache ausnutzt, dafs ein in eine Flüssigkeit einfließender Strahl geringere Neigung zur Tropfenbildung zeigt, als ein in Luft sich bewegender. Man unterscheidet daher auch zwischen Nafs- und Trocken-Spinn-Verfahren. Die Seidenraupe spinnt trocken, Chardonnet mufste aber bei seinen Bestrebungen, ihre Arbeit nachzuahmen, zunächst zu einem Nafs-Spinnverfahren seine Zuflucht nehmen.

Die hier in gedrängter Kürze geschilderte Eigenart der Strahlbildung bei allen Flüssigkeiten führt uns mit zwingender Notwendigkeit zu der Verwendung möglichst viscoser Flüssigkeiten für die Herstellung künstlicher Fasern. Aber mit der Viscosität allein, wie sie sich zum Beispiel in ausgesprochener Weise bei vielen Ölen findet, ist es

nicht getan. Eine zur Herstellung künstlicher Fasern brauchbare Flüssigkeit mufs außer einer möglichst großen Viscosität auch noch die Fähigkeit besitzen zu gerinnen, d. h. an der Oberfläche des aus ihr erzeugten Strahles zu erstarren, während das Innere noch flüssig bleibt. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, kann eine Faser gebildet, d. h. ein bleibender Zylinder geformt werden, dessen Länge unbegrenzt ist und in jedem Falle das Maximum übertrifft, welches sich für jede Flüssigkeit auf Grund der Viscositäts-Konstanten als zulässige Länge des stabilen flüssigen Zylinders errechnen läfst. Nehmen wir an, dafs ein solcher Zylinder von maximaler Länge gebildet worden ist und durch den Vorgang der Gerinnung sich mit einer festen Haut überzogen hat. Strecken wir ein solches Gebilde, indem wir an den Enden desselben ziehen, so wird die entstandene feste Haut in lauter Ringe zerreißen, zwischen welchen sich neue Flüssigkeitszylinder von maximaler Länge ausbilden können, welche sich nun aufs Neue mit einer festen Haut bedecken. So geht der Prozefs weiter, indem der zunächst ausgepreſste, durch die Wirkung der ihm mitgeteilten lebendigen Kraft gebildete Strahl nachträglich teleskopartig mit Hilfe einer von außen angreifenden Kraft auseinander gezogen wird, wobei sich sein Durchmesser fortdauernd verringert. Für die Bildung eines Fadens ist daher eine solche Streckung unbedingt erforderlich, das Herausdrücken des Strahles allein genügt, wie schon oben gesagt wurde, nicht. Dieses Umstandes müssen wir eingedenk sein, wenn wir die Bildung der natürlichen sowohl wie der künstlichen Seiden verstehen wollen. Vor allem finden wir auch in ihm die Erklärung der scheinbar höchst paradoxen Tatsache, dafs die Öffnungen, durch welche derartige, zu Fäden erstarrende Strahlen austreten, durchaus nicht so fein zu sein brauchen, wie der zu bildende Faden. Zwischen der Größe dieser Öffnungen und der Dicke der durch sie herstellbaren Fasern bestehen zwar bestimmte Beziehungen, auf welche ich hier nicht eingehen will, aber die Öffnung bildet nichts weniger, als etwa die Gufsform für den aus ihr zu gewinnenden Faden. Das ist ein großes Glück, denn die Herstellung und Instandhaltung von Öffnungen, welche wirklich nur den Durchmesser des einfachen Seidenfadens, also etwa 1—2 Hunderstel Millimeter, haben dürften, liegt schon fast jenseits der Grenzen der technischen Möglichkeiten.

Es kann nicht genug betont werden, dafs das Festwerden des in Bildung begriffenen Seidenfadens nicht etwa auf einer Trocknung, sondern auf einer Gerinnung beruht. Erst wenn durch diese der Faden entstanden ist, folgt die Trocknung, welche selbst wieder ein ziemlich komplexer Vorgang ist, der sich je nach der Natur und Konzentration der angewandten Spinnflüssigkeit verschieden abspielen kann. Darauf beruht die überraschende Tatsache, dafs die mikroskopische Gestalt der verschiedenen Kunstseiden verschieden ist und dafs die wenigsten derselben eine der echten Seide gleichende zylindrische Gestalt haben. Von der mikroskopischen Gestalt des Fadens aber ist wiederum der Glanz desselben abhängig, der nicht bei allen Kunstseiden gleicher Art ist.

Die außerordentliche Feinheit des Fadens der echten Seide bedingt ihre Weichheit und Schmiegsamkeit. Es ist ein Irrtum, zu glauben, dafs diese Eigenschaften lediglich durch das Material gegeben seien, aus welchem die echte Seide besteht. In China und Spanien stellt man schon seit alter Zeit dicke, als Angelschnüre benutzte

Fäden aus echter Seide dar, indem man spinnreife Seidenraupen tötet und den Inhalt ihrer Spinndrüsen zu Fäden auseinanderzieht. Diese Fäden sind hart und borstig, zeigen aber die bewunderswürdige Festigkeit des Fibroins, welche nur von derjenigen einiger wenigen Metalle übertroffen wird.

Wenn so die große Feinheit des Seidenfadens manche der wichtigsten Eigenschaften der Seide bedingt, so ist sie andererseits auch die Ursache dafür, dafs es verhältnismäßig schwierig ist, mit Seide umzugehen. Bekannt ist die Tatsache, dafs die italienischen Seidenhasplerinnen während ihrer nur etwa vier Monate im Jahre dauernden Tätigkeit nur deshalb verhältnismäßig hohe Löhne erhalten, weil sie in ihrer arbeitsfreien Zeit sich aller derjenigen Beschäftigungen enthalten müssen, welche die Weichheit und Glätte ihrer Hände beeinträchtigen könnten, insbesondere also aller Feldarbeit. Aber selbst die zartesten Hände würden die einzelnen Kokonfäden nicht abhaspeln und weiterverarbeiten können. Daher wickelt man stets mehrere Kokons zusammen ab und vereinigt ihre Fäden zu einem nur sehr wenig gedrehten Sammelfaden. Das so entstehende Gespinnst, welches als Grège bezeichnet wird, bildet die Grundlage aller weiteren Verarbeitung der Seide. Aus mehreren Grègefäden wird entweder die ziemlich stark gezwirnte Organzine gebildet, aus welcher meist die Kette der Gewebe hergestellt wird, oder man vereinigt sie zu dem loseren, weniger stark gedrehten Faden der Trame, welche gewöhnlich als Schufs benutzt wird und durch ihr lockeres Gefüge den Seidenstoffen die erwünschte Weichheit und den vollen Griff verleiht.

In allen diesen Dingen ist Chardonnet bei Ausbildung seines Kunstseideverfahrens der echten Seide gefolgt. Er bereitete sich als Spinnflüssigkeit ein Collodium, wobei er den Nitrierungsgrad des angewandten Pyroxylins und die Mengenverhältnisse des als Lösungsmittel dienenden Alkohol-Äthers so bemaß, dafs ein möglichst viskoses Produkt entstand. Große Schwierigkeiten ergaben sich aus der Notwendigkeit, eine solche dickliche Lösung vollkommen klar zu filtrieren, um die Spinndrüsen nicht durch mitgeführte feste Körper zu verstopfen. Das klare Collodion wurde mit starkem Druck aus diesen Düsen herausgepresst, welche aus Glasröhren von 0,08 mm Durchmesser bestehen. Alle Versuche, das Collodion trocken zu spinnen und somit den Seidenwurm genau zu kopieren, schlugen zunächst fehl, denn bei der Einführung eines Collodionsstrahles in die Luft findet nur ein Trocknen, nicht aber ein Gerinnen desselben statt, welches, wie ich vorhin gezeigt habe, unbedingt erforderlich ist. Chardonnet mufste sich also zu einem Nafs-Spinverfahren bequemen, indem er den Collodionsstrahl in Wasser eintreten ließ, wobei dadurch, dafs das Wasser dem Collodion den Alkohol und Äther entzieht, ein oberflächliches Gerinnen des Fadens stattfindet, während sein Inneres noch flüssig bleibt. Mit einem solchen Faden läfst sich die schon erwähnte unbedingt erforderliche Streckung ausführen. Das Erzeugnis seiner „künstlichen Seidenwürmer“ (wie Chardonnet seine gläsernen Spinndüsen nannte), fafste der geniale Erfinder genau so, wie es bei der echten Seide üblich ist, zu einer Grège zusammen.

Später hat Chardonnet, von einem glücklichen Zufall begünstigt, die Freude gehabt, seine Bestrebungen zur möglichst getreuen Nachahmung der Natur auch insofern von Erfolg gekrönt zu sehen, als es ihm gelang, ein Trockenspinnverfahren zu erfinden. Es stellte sich heraus, dafs feuchtes 25—30 % Wasser enthaltendes Pyroxylin sich

ebenso gut, ja sogar noch besser in Alkohol-Äther löst, als vorher getrocknetes. Läfst man das mit feuchtem Pyroxylin erhaltene Collodion aus den Spinndüsen in die Luft austreten, so verdampfen natürlich Äther und Alkohol schneller, als das beigemengte Wasser, welches zurückbleibt und nun genau so, wie vorgelegtes Wasser, die oberflächliche Gerinnung des Fadens bewirkt.

Das in solcher Weise von Chardonnet gewonnene Produkt hat genau das Ansehen der Seide, ja, es übertrifft dieselbe sogar noch an Glanz. Aber es hat den großen Nachteil, außerordentlich entflammbar zu sein. Jede Hoffnung, ein solches Produkt der Textilindustrie dienstbar zu machen, war vergeblich, wenn es nicht gelang, demselben seine leichte Brennbarkeit zu nehmen. Die Lösung dieses Problems hat große Schwierigkeiten bereitet. Alle Zusätze zum Collodion erwiesen sich für den erstrebten Zweck als unbrauchbar und erst als man dazu überging, die fertige Seide mit Reduktionsmitteln zu behandeln und so ihren ganzen Stickstoffgehalt herauszunehmen, gelangte man zu dem erhofften Erfolge. Von allen Reduktionsmitteln, welche man für diesen Zweck in Gebrauch genommen hat, bewährten sich Schwefelammonium und Schwefelnatrium am besten, mit ihrer Hilfe wird heutzutage die Nitratseide so vollständig denitriert, dafs sich ein Stickstoffgehalt derselben kaum noch nachweisen läfst. Da bei diesem Denitrierungsprozefs die ursprünglich angewandte Cellulose in Form eines Hydrates regeneriert wird, so besteht die Nitratkunstseide ebenso, wie Leinen und Baumwolle, aus Cellulose und daraus erklärt es sich, dafs die neue Kunstfaser sich in derselben Weise und ebenso willig färben läfst, wie die uns längst vertrauten Naturfasern. Das ist kein geringer Vorteil.

Wie schon erwähnt, blieb Chardonnet nicht lange der Einzige, der die von ihm erschlossenen neuen Bahnen wandelte. Die Konkurrenten, welche ihm erwuchsen, sind in mancher Hinsicht seine Bundesgenossen geworden. Dr. Lehner, welcher unter Benutzung eines in seiner Zusammensetzung veränderten Collodions ein Nafs-Spinnverfahren ausarbeitete und sich um die Ausbildung der Denitrierungsmethoden Verdienste erwarb, vereinigte die von ihm gegründete Gesellschaft mit der Chardonnetschen. Aus dieser Verbindung gingen die Vereinigten Kunst-Seidenfabriken, A.-G., hervor, welche ihren Sitz in Frankfurt a. M. haben und in Deutschland und in der Schweiz nicht weniger als vier große Fabriken betreiben, deren Produktion sehr bedeutend ist.

Unendlich viel Mühe und erfinderische Arbeit ist auf die Vervollkommnung der zum Spinnen und Haspeln der Kunstseide dienenden Maschinen verwandt worden. Die mir für diesen Vortrag zur Verfügung stehende Zeit würde nicht annähernd ausreichen, das auf diesem Gebiete Ersonnene zu schildern. Dagegen bin ich in der glücklichen Lage, Ihnen eine gute Seidenspinnmaschine im Betriebe vorführen zu können, deren Erfinder, Herr Ingenieur Strehlenert aus Stockholm, heute abend unter uns weilt. Er ist der Urheber des geistvollen Gedankens, aus einer Spinndüse nicht einen einzelnen Faden, sondern sogleich eine fertige Grège zu gewinnen, welche sofort gewisse Zwirnung hat. Er erreicht dies, indem er seine Spinndüsen mit so vielen Löchern versieht, als die erzeugte Grège Fäden haben soll. Während des Spinnens wird die Düse in langsame Drehung versetzt, wodurch die Zwirnung zu stande kommt.

In der Herstellung der erforderlichen Düsen steckt eine überraschende Menge geistvoller Erfindung. Nach einem dem verstorbenen Alfred Nobel erteilten Patent erzeugt man dieselben, indem man in Glasröhren die erforderliche Anzahl kurzer Platindrähte von dem nötigen Durchmesser einschmilzt und dieselben nachträglich durch andauerndes Kochen mit Königswasser aus dem Glase herauslöst. Die vielen sonstigen sinnreichen Details der Strehlenertschen Spinnmaschine möchte ich Sie bitten, persönlich nach Schluſs meines Vortrages zu beobachten, Herr Strehlenert wird alsdann die Güte haben, seine Maschine in Gang zu setzen.

Es ist gewiſs eine sehr merkwürdige Tatsache, daſs die Kunstseidenindustrie, ausgehend von dem Gedanken, die Arbeit der Seidenraupe nachzuahmen und in dem Bestreben, an Stelle des Spinnstoffes dieses Tieres, den wir nicht nachahmen können, ein anderes Material von möglichst ähnlichen Eigenschaften zu setzen, schließlich nichts besseres zu finden gewuſst hat, als das zweite große Fasermaterial der Natur, den Spinnstoff der Pflanzen, die Cellulose. Daſs dieser Gedanke sich vielen von denen, welche die Entwickelung der neugeschaffenen Industrie mit lebhaftem Interesse verfolgten, aufgedrängt hat, ergiebt sich aus der weiteren Entwickelung, welche sich auf Grund der ersten von Chardonnet errungenen Erfolge eingestellt hat. Ausgehend von der fast zum Dogma gewordenen Anschauung, daſs die wertvollen Eigenschaften der echten Seide in ihrer chemischen Natur als Proteinkörper begründet seien, haben zahlreiche Erfinder sich bestrebt, Kunstseiden aus Proteinsubstanzen herzustellen oder doch der Chardonnet-Lehnerschen Nitratseide solche Proteinsubstanzen einzuverleiben und auf diese Weise dieselben, wie der Fachausdruck lautet, zu „verseiden“. Die hierher gehörigen zahlreichen Patente tragen in ihrer Mehrzahl den Charakter von vermeintlichen Errungenschaften auf Grund einer vorgefaſsten Idee. Einer Erwähnung sind höchstens die von Adam Millar in Glasgow genommenen Patente wert, welche die Herstellung von Spinnstoffen aus Gelatine anstreben und zur Herstellung der sogenannten „Vandura“-Seide geführt haben. Diese Seide hat sich trotz ihres außerordentlichen Glanzes nicht einbürgern können, weil sie viel zu empfindlich gegen Feuchtigkeit war. All die vielen wohlbekannten Methoden, Leim wasserfest zu machen, halten nicht Stand, wenn das Material in so außerordentlich feine Verteilung gebracht wird, wie es bei der Verspinnung zu Seide der Fall ist.

Sehr mit Recht hat sich daher die weitere Erfindertätigkeit auf diesem Gebiete der Kunstseidenindustrie an die so zuverlässige Cellulose gehalten, welche zudem den Vorzug hat, uns als hauptsächliches Erzeugnis fast aller Pflanzen in unerschöpflicher Menge zur Verfügung zu stehen. Aber die Tugenden dieses wunderbaren Baustoffes der Natur sind auch seine Fehler. Seine Unlöslichkeit und Unangreifbarkeit läſst die Schwierigkeiten verstehen, welche sich einstellen, wenn es sich einmal darum handelt, es in die Form einer Lösung zu bringen, ohne es dabei total zu zersetzen. Es gibt nur wenige Wege, welche uns hier zum Ziele führen. Alle diese Wege sind im Laufe der Zeit von der rastlosen Erfindung begangen worden. In jedem Falle haben sich neue Schwierigkeiten aufgetürmt, deren Überwindung oft die größten Anstrengungen erforderte.

Ein seit langer Zeit wohlbekanntes Lösungsmittel der Cellulose, aus welchem sich dieselbe scheinbar unverändert regenerieren läfst, ist das sogenannte Schweizersche Reagens, eine wässerige Lösung von Cupriammoniumhydroxyd. Die Rätsel, mit welchen dieses lange Zeit einzige Lösungsmittel der Cellulose umgeben war, sind, wie so viele andere, durch die moderne Chemie gelöst worden. Wir wissen heute, dafs die Cellulose ein Alkohol ist, dafs sie als solcher salzartige Verbindungen, sogenannte Alkoholate, mit den Metalloxyden eingeht. Wir wissen ferner, dafs die Kupfersalze die Eigentümlichkeit haben, sich mit Ammoniak zu wasserlöslichen Salzen der sogenannten Cupraminbasen zu vereinigen. Weshalb sollte das Kupfersalz der Cellulose eine Ausnahme von dieser Regel machen? Aber von dieser Erkenntnis und von der Tatsache, dafs Cellulose sich in einem großen Überschuß von Cupriammoniumhydroxyd allmählich unter Quellung auflöst, bis zur Herstellung einer syrupösen, spinnfähigen Lösung dieser Art war noch ein weiter Schritt. Er wird gekennzeichnet durch eine Reihe von Patenten, von welchen das unter dem Namen „Pauly-Patentes“ bekannte, von Dr. Fremery und Dr. Urban herrührende wohl das wichtigste ist. Nur bei Verwendung einer mit Natronlauge vorbehandelten, gewissermaßen aufgeschlossenen Cellulose und bei Einhaltung ganz bestimmter Vorsichtsmaßregeln gelingt es, mit Hülfe von Kupferoxydammoniak dickflüssige spinnfähige Celluloselösungen herzustellen. Der aus denselben gebildete Faden wird in verdünnte Schwefelsäurelösung hineingesponnen, wobei er in der erforderlichen Weise gerinnt, die unlösliche Cellulose regeneriert und auch sein Kupfer abgibt, welches aus der genügend angereicherten Lösung nach bekannten Verfahren wiedergewonnen und aufs Neue benutzt werden kann.

Die zur Ausbeutung dieser Erfindung begründete Gesellschaft erhielt den Namen „Vereinigte Glanzstoff-Fabriken, A.-G.“ Sie hat ihren Sitz in Elberfeld und betreibt zwei Fabriken in Oberbruch bei Aachen und Niedermorschweiler bei Mülhausen i. E. Ihr im Handel als „Glanzstoff“ oder „Glanzseide“ vorkommendes Produkt ist in Aussehen und Eigenschaften dem der Vereinigten Kunstseide-Fabriken sehr ähnlich und wie dieses unter den ausgelegten Mustern in den verschiedensten Formen vertreten.

Die jüngste und unstreitig interessanteste Methode, der Cellulose die ihr von der Pflanzenwelt aufgeprägte Form zu nehmen und ihr dafür diejenige der Seide zu geben, ist verkörpert in der Herstellung der Viscose-Seide, wie sie in den Fürst Guido Donnersmarckschen Kunstseiden- und Acetatwerken zu Sydowsaue bei Stettin durchgeführt wird. Auch sie beruht auf einer der typischen Reaktionen, deren die Cellulose infolge ihrer Natur als Alkohol fähig ist. Als solcher liefert sie nämlich Salze einer komplexen Säure aus der Familie der Xanthogensäuren, wenn man sie zunächst in ihr Natriumsalz verwandelt und dieses dann mit Schwefelkohlenstoff in Wechselwirkung treten läfst. Das so entstehende Natriumsalz der von zwei ausgezeichneten englischen Chemikern, C. F. Cross und Bevan in London, entdeckten Cellulosexanthogensäure löst sich in Wasser zu einem Syrup von erstaunlich schleimiger und klebriger Beschaffenheit. Eine derartige Lösung befindet sich, ebenso wie die noch ungelöste Verbindung unter den ausgestellten Mustern. Gerade mit Rücksicht auf die merkwürdigen Eigenschaften dieser Substanz hat dieselbe den Namen „Viscose“ er-

Digitized by Google

halten. Sie ist zahlloser Anwendungen fähig, mit deren Besprechung allein sich ein langer Vortrag füllen ließe. Heute handelt es sich indessen nur um die Verarbeitung der Viscose zu Kunstseide, eine Erfindung, an welcher viele Hände gearbeitet haben, vor Allem die des Mr. Stearn in Kew bei London, eines der Mitarbeiter des bekannten englischen Erfinders Swan.

Eine Viscoselösung besitzt zwar die zur Verspinnung erforderliche Schleimigkeit, aber sie ist gleichzeitig auch höchst klebrig, was für die Herstellung von Seide keineswegs erwünscht ist. Sie besitzt ferner die Eigenschaft, im Laufe der Zeit die in ihr enthaltene Cellulose freiwillig wieder abzuscheiden, aber dazu sind Wochen erforderlich. Für die Überführung der Viscose in Seide war es notwendig, ein Mittel zu finden, welches eine Viscoselösung zu augenblicklichem Gerinnen veranlafst. Dieses Mittel fand Stearn in einer Lösung von Ammoniumsulfat. Durch dieses Salz wird eine Viscoselösung in der Weise zersetzt, dafs sich ein saures Natriumsalz der Cellulosexanthogensäure bildet, welches in Wasser unlöslich ist und eine gallertartige Beschaffenheit hat. Eine warme Ammoniaksalzlösung dient daher zum Hineinspinnen des Viscosefadens bei dieser Art der Kunstseidenfabrikation, bei welcher ebenfalls das direkte Erspinnen eines Grègefadens zur Anwendung kommt. Die frisch gebildete Viscoseseide besteht noch nicht aus regenerierter Cellulose, diese wird erst beim Trocknen der Faser und bei ihrer nachträglichen Behandlung mit verschiedenen Reagentien und Bleichmitteln gebildet. Im fertigen Zustande besteht die Viscoseseide von welcher zahlreiche Muster hier ausliegen und, dank der Freundlichkeit des Herrn Dr. Max Müller, Direktors der Fabrik Sydowsaue, auch den Herren Zuhörern zur Verfügung stehen, genau wie die vorhergenannten, aus Cellulosehydrat mit allen seinen charakteristischen Eigenschaften. Auf feinere Unterschiede, welche vielleicht zwischen den aus verschiedenen Verbindungen regenerierten Cellulosen, etwa in derselben Weise, wie den Pflanzenfasern verschiedener Abstammung zukommen mögen, wollen wir hier nicht eingehen. Über diese Frage, eine der schwierigsten der gesamten organischen Chemie, ist noch lange nicht das letzte Wort gesprochen.

Über diese noch unerledigte Frage müfsten wir eigentlich auch orientiert sein, wenn wir mit voller Sicherheit die naheliegende wirtschaftliche Frage beantworten wollten, welche unter den vielen verschiedenen Arten der Cellulose, welche die Natur uns darbietet, das geeignetste Rohmaterial für die Kunstseidenindustrie darstellt. Einstweilen hat bei der Beantwortung dieser Frage lediglich die praktische Erfahrung das Wort. Diese hat gezeigt, dafs für die Herstellung von Nitratseiden und Glanzstoff billige, aber saubere Baumwollsorten und Abfälle (Kämmlinge) bevorzugt werden, während die Herstellung der Viscoseseide mit Sulfit- oder Natronzellstoff arbeitet.

Überblickt man das, was die Kunstseidenindustrie in den fünfzehn Jahren ihres Bestehens an dauernden Erfolgen zu Stande gebracht hat, so zeigt sich das überraschende Ergebnis, dafs nur diejenigen Verfahren Erfolg gehabt haben, welche ein im fertigen Zustande aus Cellulose, also dem Baustoffe der Pflanzenfasern, bestehendes Produkt hervorbringen. Das mag zum Teil darin begründet sein, dafs die Textilindustrie seit alter Zeit an die Handhabung der Cellulosefasern gewöhnt ist und daher mit Vorliebe neue Fasern aufgreift, welche ihr nicht den Zwang neuer Behandlungsweisen auf-

erlegen. Andererseits wird aber die Kunstseidenindustrie, so lange sie nur eine Industrie der Celluloseformung bleibt, ihrer Faser nie die Vorzüge geben können, welche die echte Seide auch außer ihrem Glanze noch auszeichnen. Diese Vorzüge bestehen in gewissen chemischen Eigenschaften der echten Seide, namentlich aber in der enormen Festigkeit, welche dieselbe auszeichnet. Dieselbe ist wesentlich höher, als diejenige der Cellulose der meisten Pflanzenfasern, namentlich aber höher als die des Cellulosehydrates, aus welchem alle Kunstseiden bestehen. Letzteres hat ferner den Nachteil, daſs es im feuchten Zustande weniger fest ist, als im trockenen und dieser Übelstand haftet daher auch den derzeitigen Kunstseiden noch an.

Über die relative Festigkeit verschiedener Fasern und namentlich verschiedener Seiden sind wiederholt Untersuchungen angestellt worden, besonders umfangreiche ganz neuerdings wieder von Herrn Strehlenert, welcher mir gestattet hat, in seine Resultate Einblick zu nehmen. Aus denselben ergibt es sich, daſs gute Kunstseide im trockenen Zustande nur etwa ein Fünftel bis ein Drittel der Zugfestigkeit bester chinesischer Rohseide hat, im nassen Zustande aber noch weit weniger. Diese scheinbar bedenklichen Ergebnisse gestalten sich aber weit freundlicher, wenn man berücksichtigt, daſs Seide in rohem Zustande durchaus nicht die Schönheit hat, die wir an der Seide schätzen und daſs daher die echte Seide fast nur im abgekochten Zustande verarbeitet wird, bei welchem die Zugfestigkeit schon erheblich geringer ist. Außerdem aber kommt in Betracht, daſs wir uns leider fast ganz entwöhnt haben, die wunderbare Festigkeit der echten Seide wirklich auszunützen. Durch das Verlangen des Publikums nach billiger Seide ist es so allgemein üblich geworden, die in den Handel kommende Seide stark zu beschweren, daſs wirklich reine Seidenwaren nur noch selten angetroffen werden. Bei beschwerter Seide aber sinkt die Festigkeit rapid und es gibt genug echte Seide im Markt, deren Festigkeit kaum größer ist als die der Kunstseide, welche den unschätzbaren Vorzug hat, daſs sie sich nicht beschweren läſst.

Im übrigen gibt es zahllose Verwendungen der Seide, bei welchen es ganz hauptsächlich auf den Glanz und sehr wenig auf die Festigkeit ankommt. Diesen Verwendungen, den mannigfaltigen Passementerie-Artikeln, Borten, Litzen, Schnüren, Knöpfen hat sich die Kunstseide in erster Linie zugewandt und hier hat sie ein Feld gefunden, auf welchem sie infolge ihres unstreitig höheren Glanzes mit der Zeit die echte Seide mehr und mehr verdrängen wird. Nicht minder gilt dies von denjenigen Verwendungen der Seide, in welchen sie im Gemisch mit anderen Fasern — Wolle, Baumwolle, Jute — lediglich die Aufgabe hat, Effekte hervorzubringen; ferner für Stickereien und Stoffe, für gemischte Garne, für Plüsche und Sammete, in welchen sie den Flor bildet, für Pelzimitationen u. v. a.

Schon alle diese Verwendungen, bei welchen die geringere Festigkeit der Kunstseide belanglos ist, sind im stande, so große Mengen der neuen Faser aufzunehmen, daſs die junge Industrie auch bei dauerndem Wachstum um genügenden Absatz nicht in Sorge zu sein braucht. In der Tat haben wir auch die für eine neu entstandene und sehr rasch sich vergrößernde Industrie überraschende Tatsache zu verzeichnen, daſs die Preise für Kunstseide nicht in dem Maße der Vermehrung ihrer Produktion gefallen, sondern im Gegenteil erheblich gestiegen sind.

Immerhin darf ein neuer Fabrikationszweig, der etwas Gutes, aber immer noch mit einem unbestreitbaren Nachteil im Vergleich zu Bestehendem Behaftetes geschaffen hat, sein Ziel noch nicht als erreicht ansehen. Deshalb würde auch die Kunstseiden-Industrie sehr unrecht daran tun, jetzt schon auf ihren Lorbeeren rasten und die ihr zum Vorwurf gemachten Nachteile ihres Fabrikates deshalb als gleichgültig ansehen zu wollen, weil sie für einen weiten Verwendungskreis nicht in Betracht kommen. Wenn wir den Wettstreit mit der Seidenraupe einmal begonnen haben, dann dürfen wir nicht eher rasten, als bis unsere Spinnmaschinen eine Faser erzeugen, welche so edel ist, wie die Maulbeerseide selbst. Wir brauchen deshalb noch nicht zu fürchten, daſs ein solcher Erfolg eine der schönsten und altehrwürdigsten Industrien der Welt zu Grunde richten würde. Noch ist nie eine neue Faser eingeführt worden, welche irgend eine der altbewährten, mit denen sie in Konkurrenz trat, in ihrem Absatz hätte schädigen können. Dagegen hat jede gute Faser, welche die Menschheit im Laufe der Zeit in Gebrauch genommen hat, sich eingebürgert und sich neue, eigenartige Verwendungen erobert. Ein Gleiches dürfen wir auch von den Kunstfasern der Zukunft erhoffen.

Eine ideale Kunstseide müſste nicht aus Cellulosehydrat, sondern aus einem Material bestehen, welches in seiner Widerstandstähigkeit gegen Feuchtigkeit und in seiner Festigkeit dem Fibroin der echten Seide annähernd gleichkommt. Auch ein solches Material haben wir in neuester Zeit kennen gelernt. Es ist dies das Celluloseacetat, eine Substanz, welche, wie die Schieſsbaumwolle, ein Ester der Cellulose ist, dabei aber nicht die durch den hohen Sauerstoffgehalt der Salpetersäure bedingte Entflammbarkeit der Cellulosenitrate besitzt. Das Celluloseacetat ist ebenso wie die Viskose von Cross und Bevan entdeckt worden, eine einfache Methode zu seiner Darstellung aber hat erst Dr. Lederer in Sulzbach in Bayern aufgefunden. Auch die Ledererschen Patente sind in den Besitz des Fürsten Donnersmark übergegangen.

Das Cellulose-Acetat ist eine der merkwürdigsten Verbindungen, die dem Chemiker begegnen können. Mit einer vollkommen amorphen Beschaffenheit und glasartigen Durchsichtigkeit vereinigt dieser Körper eine Gleichgültigkeit gegen Wasser, wie sie bei keinem anderen bis jetzt beobachtet worden ist Infolgedessen ist das Celluloseacetat der vollkommenste aller bis jetzt bekannten elektrischen Isolatoren. Es übertrifft in dieser Hinsicht Seide, Kautschuk und alle Harze bei weitem. Dabei ist das Celluloseacetat unlöslich in fast allen Flüssigkeiten mit Ausnahme von Chloroform, verschiedenen Phenolen und Nitrobenzol.

Sehr begreiflicherweise hat man sich frühzeitig die Frage vorgelegt, ob es wohl möglich sein dürfte, Cellulose-Acetat zu einer Kunstseide zu verspinnen. Die Schwierigkeiten einer solchen Aufgabe sind unverkennbar, doch ist auch sie bereits als gelöst zu bezeichnen. Es ist ganz neuerdings nicht nur die tadellose Verspinnung des Celluloseacetats gelungen, sondern es hat sich auch gezeigt, daſs die Acetatseide sich vortrefflich färben läſst. Ich freue mich, Ihnen die ersten Muster von Acetatseide im rohen und gefärbten Zustande heute abend vorlegen zu können.

Mit der Acetatseide tritt eine neue Faser auf den Plan, welche ihr Absatzgebiet gerade dort suchen wird, wo die bisherige Kunstseide am wenigsten erwarten

durfte, hinzudringen: Nämlich für die Herstellung hervorragend zugfester, dauerhafter, auch gegen Feuchtigkeit ganz unempfindlicher Gewebe, Gurten, Riemen, Müllergasen, Filterstoffe, Siebe und zahlloser anderen, namentlich auch technischen Artikel. Auf diesem Gebiete wird die Acetatseide, wie man jetzt schon mit Bestimmtheit sagen kann, auch der echten Seide weit überlegen sein. Ich will nur daran erinnern, dafs die echte Seide sich für manche Verwendungen nicht eignet, weil sie aus wässerigen Lösungen viele Salze, z. B. solche des Eisens, Aluminiums, Chroms an sich reißt und festhält. Die Acetatseide ist gegen solche Lösungen völlig unempfindlich.

Über die Werte, welche von der seit wenigen Jahren neu entstandenen Kunstseidenindustrie geschaffen werden, gibt unter Zugrundelegung des Holzes unter des in ihm in unerschöpflicher Menge vorhandenen Zellstoffs die nachfolgende interessante Zusammenstellung Aufschlufs, welche ich der Güte des Herrn Dr. Max Müller verdanke:

1. Ein Raummeter Holz wiegt etwa 400/500 kg und kostet im Walde . . . . . 3 ℳ
2. Derselbe Raummeter, als Brennholz an Ort und Stelle befördert, erhöht seinen Wert auf . . . . . 6 -
3. Durch Kochen mit Soda- oder Sulfitlauge lassen sich aus dem Holze ca. 150 kg Zellstoff-Faser isolieren, die 100 kg im Werte von 15/20 ℳ, mithin Nutzungswert des Raummeters ca. . . . . 30 -
4. Wandelt man die Zellstoff-Faser durch dünnes Ausarbeiten auf der Papiermaschine zu Papier um, so ergibt sich ein Wert für die Cellulose des angewandten Raummeters Holz von . . . . . 40/50 -
5. Verspinnt man die Zellstoff-Faser zu Zellstoff-Garn für Jute- und Baumwollen-Ersatz nach dem Dr. Kellner-Türkschen Nafsspinnverfahren, so erzielt man Verkaufswerte von . . . . . 50/100 -
6. Führt man die Zellstoff-Faser in rofshaarähnliche Formen über, so tritt eine weitere Werterhöhung der Zellstoff-Substanz ein auf . . . . . 1500 -
7. Überführt man die Holzzellstoff-Faser in künstliche Seide so kommt man zu einem Werte von . . . . . 3000 -

und schließlich

8. Acetyliert man die Holz-Cellulose und verspinnt man das damit gewonnene Cellulose-Acetat, so bekommt man ein für spezielle Zwecke ganz besonders wertvolles Produkt künstlicher Seide, deren Wert auf das angewandte Raummeter Holz sich auf reichlich . . . . 5000 -

berechnet.

Aber nicht allein darin liegt die Bedeutung der Kunstseiden-Industrie, dafs sie gestattet, ein in reichlicher Menge vorhandenes und verhältnismäßig billiges Rohmaterial in hohem Grade zu veredeln, und dadurch seinen Wert sehr bedeutend zu steigern, sondern namentlich auch darin, dafs sie sich gerade für diejenigen Länder als besonders

Digitized by Google

geeignet erweist, welche die Erzeugung der echten Seide nicht betreiben können. Die Zeiten, in denen man hoffte, die Seidenraupe in nordischen Klimaten zu „akklimatisieren", sind vorbei, aber andererseits zeigt uns die Seidenstatistik, welche auf der hier ausgehängten Karte überaus anschaulich graphisch dargestellt ist, dafs gerade diejenigen Länder den größten Seidenkonsum haben, welche für die Seidenproduktion nicht geeignet sind. Der Umstand nun, dafs diese viel Seide konsumierenden Länder heutzutage zu einer sehr weitgehenden Beschwerung der Seide übergegangen sind, beweist uns, dafs das, was sie an Seide aus den Produktionsländern dieser Faser importieren, eigentlich für ihren Bedarf noch gar nicht ausreicht. Es kann daher nur mit der größten Freude begrüßt werden, wenn diese Länder nunmehr beginnen, selbst eine Faser zu erzeugen, welche die Seide in vielen ihrer Verwendungen ersetzt und sie mehr und mehr auf das Gebiet beschränkt, wo ihre besonders wertvolle Eigenart zur Geltung kommt. Die Begründung der Kunstseiden-Industrie ist meines Erachtens das allerbeste Kampfmittel gegen die vielgerügte Erschwerung der Seide, welche trotz aller Klagen, die darüber erhoben werden, sich doch immer mehr und mehr verbreitet und einen Beweis dafür bildet, dafs die bisherige Weltproduktion an Seide auf das Mehrfache ihres Gewichtes verdünnt werden mufs, wenn sie der Nachfrage der Welt nach dieser edelsten aller Fasern überhaupt genügen soll.

Wenn so die Kunstseiden-Industrie sich als eine in vieler Hinsicht interessante Errungenschaft der neuesten Zeit darstellt, so ist doch mit dem bisher Gesagten ihre Bedeutung noch keineswegs erschöpft. Die letzten Jahre haben gelehrt, dafs dieser neuen Industrie eine größere Zukunft bevorsteht, als die, an welche ihre Pioniere ursprünglich wohl allein gedacht haben. Wie gewöhnlich, zeigt sich auch hier, dafs die enge Fassung, in der Probleme zunächst auftauchen, sich erweitert und dafs kühne Schöpfungen ihren Lohn mit sich bringen, indem sie uns neben dem Erstrebten auch noch Unerhofftes zuteil werden lassen.

Ich habe bereits darauf hingewiesen, dafs die außerordentliche Feinheit des echten Seidenfadens uns zwingt, schon bei der Abhaspelung der Cocons die mehrfädige Grège zu erzeugen, aus der als sekundäre Gebilde die Organsine und Trame entstehen. Wie in der Strukturlosigkeit und Glätte der Seidenfaser ihr Glanz begründet ist, so bedingt die Viel- und Feinfädigkeit aller seidenen Gespinste ihre außerordentliche Weichheit. Aber es liegt auf der Hand, dafs diese Weichheit durchaus nicht für alle Zwecke der Textilindustrie unbedingt erforderlich ist. Eine glänzende Faser von größerer Starrheit als die echte Seide sie zeigt, kann für manche Zwecke sehr erwünscht sein. Gerade durch ihre im Vergleich zur echten Seide größere Steifigkeit haben sich manche wilde Seiden sowie das Mohair ihre besonderen Verwendungsgebiete erobert. Für manche Zwecke sind auch sie noch nicht steif genug und hier ist es nun, wo die sogenannten unifilularen Fasern einsetzen, jene von der Natur nur spärlich hervorgebrachten Faserstoffe, welche dick genug sind, um unversponnen zu Geweben und Geflechten verarbeitet zu werden. Aus den einzelnen Bastzellen der Ramie-Faser, welche die in der ganzen Pflanzenwelt sonst unerhörte Länge von 500 mm und darüber erreichen können, fertigen die Chinesen, indem sie sie mühsam mit den Enden aneinander kleben, das berühmte Grass Cloth. In Europa haben sich gewisse Gegenden, so

z. B. bestimmte Teile der Schweiz, auf die Verarbeitung des Roſshaares geworfen, aus welchem mancherlei Textilprodukte erzeugt werden, die sich durch Glanz, Festigkeit und unverwüstliche Dauerhaftigkeit auszeichnen. Aber die Produktion eines Pferdes an Mähnen- und Schwanzhaaren ist sehr gering und für alle gefärbten Roſshaarprodukte ist nur das von Schimmeln stammende Erzeugnis zu gebrauchen, welche bekanntlich die Minderheit des Pferdegeschlechtes ausmachen. Die Industrie hat daher nach anderen starren, glänzenden und dauerhaften Materialien gesucht und hat dieselben in den vielen Abarten des Strohes und in den Fibrovasal-Strängen der Palmen und anderer monokotylen Pflanzen gefunden. Ich erinnere an die aus den Fasern der Carludovica palmata und anderer Palmen geflochtenen Panama- und Brasil-Hüte, an das falsche Roſshaar, welches durch Zerfasern abgeschälter Ratan-Rohre gewonnen wird, an die zierlichen Arbeiten, welche in Westindien aus den Faserbündeln des jedem Besucher dieses paradiesischen Erdstriches wohlbekannten, zu den Orchideen gehörigen spanischen Mooses, der Tillandsia usneoides, hergestellt werden, an die Ixtle, Sisal und andere Agavefasern Mexicos, an die Sanseverien- und Aloefasern des tropischen Asien, sowie endlich an den von Bananen abstammenden Manila-Hanf. Alle diese Fasern haben ihren Platz in den menschlichen Gewerben gefunden und die Produktionswerte, welche manche derselben repräsentieren, berechnen sich nach Millionen. So mannigfaltig aber sie sonst auch sein mögen, so haftet ihnen doch allen ein Übelstand an, der sie für eine unifilulare Verwendung in Geweben nur in beschränktem Maße geeignet erscheinen läſst. Es ist dies die in ihrer Entstehungsweise begründete Tatsache ihrer selten mehr als einen Meter betragenden Länge. Wenn wir solche Fasern nicht, wie die Chinesen es im Grass Cloth tun, mit ihren Enden zusammenkitten, oder wie es in der Roſshaar-Industrie geschieht, verknüpfen wollen, so sind wir darauf angewiesen, sie ebenso wie die mikroskopisch feinen Fasern, welche die Natur erzeugt, zu verspinnen, was mit Rücksicht auf die Festigkeit der Textilerzeugnisse gar nicht erforderlich wäre.

Hier kann nun die Kunstseiden-Industrie einsetzen. Sie ist in der Lage, die Dicke der von ihr erzeugten Fasern ganz nach Belieben auszugestalten und dabei hat sie vor der Natur den großen Vorteil voraus, daſs sie ihre Fasern von unbegrenzter Länge herstellen kann. So sehen wir denn die verschiedenen Firmen, welche zunächst für die Erzeugung der Kunstseide gegründet worden sind, mehr und mehr auch zur Darstellung von Fasern übergehen, welche kaum mehr den Anspruch erheben, mit einem Naturprodukt in Wettbewerb zu treten. Auf diese Weise sind der Textil-Industrie Produkte von überraschender Schönheit und unabsehbarer Verwendbarkeit zugeführt worden. Die mit der Ausbeutung der Chardonnet-Lehnerschen Erfindungen beschäftigten Kunstseiden-Fabriken zu Frankfurt a. M. stellen unter dem Namen „Meteor“ eine Faser von außerordentlichem Glanz dar, in welcher drei mäßig dicke Einzelfäden zu einer Grège vereinigt sind, welche in ihrem Charakter an Roſshaar erinnert, dasselbe aber in vieler Hinsicht erheblich übertrifft. Aus dieser Faser werden durch Klöppelung und Flechtung die reizendsten Spitzen, Hüte, Borten und Litzen hergestellt, von denen eine reiche Auswahl hier vorgeführt ist. Nicht minder interessant ist das künstliche Stroh und künstliche Haar der Vereinigten Glanzstoff-Fabriken zu Elberfeld und endlich hat auch die Viscose nicht gezögert, sich ähnliche Verwen-

dungsgebiete zu suchen, wie die hier ausgestellten aus der französischen Viskoseseiden-Fabrik zu Dieppe stammenden schönen Produkte es beweisen.

Je mehr man sich mit dem Gegenstande beschäftigt, desto mehr kommt man zu der Überzeugung, dafs die Kunstseiden-Industrie die Kindertage, in denen sie sich auf Nachahmung ihrer großen Lehrmeisterin, der Natur, beschränkte, bereits überwunden hat. Sie beginnt sich erwachsen zu fühlen und ihre eigenen Bahnen zu wandeln. Wohin dieselben führen werden, vermag noch niemand abzusehen. Wohl aber ist der Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes, der sich schon so mancher aufkeimenden industriellen Schöpfung mit warmem Interesse angenommen hat, die Stelle, von der aus man sagen darf, dafs auch die Kunstseiden-Industrie zu den Errungenschaften gehört, welche, durch geschickte und sinnige Naturbeobachtung geschaffen, durch Energie und Ausdauer zum Erfolge geführt, uns auch noch für die Zukunft zu großen Hoffnungen berechtigen.

Vorsitzender Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: Ich darf wohl zuvörderst dem Herrn Vortragenden den verbindlichsten Dank des Vereins aussprechen für diesen nach Form und Inhalt vollendeten Vortrag, der wohl alle Anwesenden befriedigt und auch bei denen, die nicht ein unmittelbares Interesse an der künstlichen Seide haben, eine Menge Gedanken zu technischen Ausführungen angeregt haben wird.

Herr Geheimrat Witt, Sie hatten in Aussicht gestellt, dafs uns eine Maschine zum Spinnen künstlicher Seide vorgeführt werden würde. Ich möchte vorschlagen, dafs wir dazu 20 Minuten Zeit geben, ehe wir den nächsten Vortrag beginnen.

(Vorführung der Maschine.)

2. Die technische Nutzbarmachung der Rückstände aus Abwässern, eine neue Einnahmequelle für Stadt- und Landgemeinden.

Herr Hütteningenieur Ernst A. Schott: M. H., gestatten Sie, dafs ich Ihnen einen Vortrag halte über ein Thema, welches den meisten vielleicht etwas ferner liegt und zwar über die Verwertung von Abwässern kommunaler Verwaltungen.

Einer der wichtigsten Punkte, der von den Verwaltungen der Gemeinden ins Auge zu fassen ist, ist der der Kanalisation und Beseitigung der Abgangsstoffe. Die Fortschritte auf hygienischem Gebiete haben immer deutlicher die Forderung zum Ausdruck gebracht, dafs zur Erhaltung der Gesundheit im Gemeindegebiet eine Kanalisation und damit zusammenhängend eine Fortschaffung der Abfälle aus Hauswirtschaft und Fabrikbetrieben unbedingt erforderlich sei. Als eine der ersten Gemeindeverwaltungen Deutschlands, die auf diesem Gebiete bemüht gewesen, ist wohl die Stadt Berlin zu nennen, deren Schwemmkanalisation und Rieselfelder sattsam bekannt sein dürften. An dieser Anlage ist besonders die gute Ausführung der Kanalisation zu erwähnen, während nach modernen Verhältnissen die Beseitigung der Abwässer den Wünschen nicht in jeder Hinsicht entspricht. Die Kanalisation wurde ehedem durch Herrn Geh. Baurat Dr. Hobrecht in der Weise berechnet, dafs er einen Mittelwert von 21,2 Liter Niederschlägen und 1,5 Liter Schmutzwasser als Gesamtwert pro Hektar und Sekunde

Digitized by

aus der Stadt Berlin zu Grunde legte. Von den erwähnten Niederschlagsmengen sollen nun $^2/_3$ verdunsten und versickern, so dafs man nur $^1/_3$ derselben und die Schmutzwasser durch die Kanalisation abzuleiten hätte, von dieser Wassermenge sollen nun ca. $^1/_6$ durch die Pumpstationen nach den Rieselfeldern gebracht werden, während $^1/_6$ durch die Notauslässe in die Spree gehen. Da man aber in regenarmen Zeiten natürlich weniger Wassermengen zu bewältigen hat, und dann vorwiegend Schmutzwasser, ist dies wohl ausschließlich zur Weiterbeförderung nach den Rieselfeldern bestimmt. Bei Regenfällen hingegen werden die Schmutzwässer mehr oder weniger verdünnt und werden bei der eintretenden Tätigkeit der Notauslässe in den Flufslauf geschleudert, so dafs den Rieselfeldern nicht sämtliche Dungstoffe zugeführt werden, wodurch der Nutzungswert der Berieselung beeinträchtigt wird. Betreffs Einwirkung der Abwässer auf das Flufswasser und die Selbstreinigung der Flüsse mufs ich hier auf die Arbeiten v. Poschingers verweisen, der darüber umfangreiche Versuche angestellt hat. Die Rieselung selbst hat nun ihrerseits viele günstige Seiten, die ihr nicht aberkannt werden können, sie bietet jedoch vom Standpunkte der Hygiene und besonders von dem der Belästigung der Umgebung aus so erhebliche Angriffspunkte, dafs sie bei Neuanlagen wohl erst dann in Frage kommen kann, wenn den Rieselterrains weit ab vom Gemeindegebiet entfernt, genügende Größe der verfügbaren Fläche bei geeigneter Bodenbeschaffenheit gewährleistet sind. Die anderen Klärverfahren und das biologische Verfahren bieten für eine große Zahl von Fällen wohl günstigere Anwendung, so dafs besonders kleinere aber auch manche großen Gemeinden sich in erster Linie diesem Verfahren zuwenden dürften.

Die Rieselung hat bei dem immermehr steigenden Bodenwert in der Nähe der Gemeinwesen einen ungemein schweren Stand, und wenn man ferner beachtet, dafs bei den anderen Verfahren die langen Druckrohrleitungen zu den Rieselfeldern erspart werden können, so ist dies allein schon ein Grund, der Prüfung der anderen Verfahren näher zu treten. Unter den bekannten Verfahren ist das Kalkverfahren, das biologische und das Kohlebreiverfahren zu erwähnen. Beim Kalkverfahren ist der erzeugte Rückstand bei geeigneter Bodenbeschaffenheit der nächsten Umgebung vorteilhaft als Düngemittel zu verwerten. Auf weitere Entfernung ist jedoch der Transport unmöglich, da der Dungwert gering ist. Das biologische Verfahren würde, wenn es alle Ziele erreichen könnte, die es anstrebt, nämlich eine Abscheidung der Mineralsubstanz und Oxydation der organischen Substanz zu Kohlensäure vom wirtschaftlichen Standpunkte aus eine Verschwendung verwertbarer Substanzen bedeuten. Das einzige Verfahren, welches neben dem Rieselverfahren erhebliche wirtschaftliche Werte zeitigt, bleibt das Kohlebreiverfahren nach Rothe-Degner. Dieses ist in seinem jetzigen Zustande ein mechanisch-chemisch kombiniertes. Zur Reinigung wird Kohlebrei mit nachfolgendem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde usw. verwendet. Man hat nun versucht, nach diesem Verfahren die Klärung sowohl in Becken vorzunehmen, als auch in dem Rotheschen Apparate und es hat sich herausgestellt, dafs die letztere Art die Verwertung des Rückstandes betreffend die besten Resultate ergibt. Bei der Klärung im Rotheschen Apparat steigt das Wasser mit dem zugemengten Kohlebrei und den durch das Tonerdesalz erzeugten Niederschlägen in einem großen Cylinder hoch und gibt dabei den Beimengungen

Digitized by Google

Gelegenheit, sich abzusetzen und nach unten zu sinken, wo der entstandene Schlamm kontinuierlich abgezogen werden mufs. Dieser Schlamm wird dann in Entwässerungsapparate gebracht und vom überschüssigen Wasser befreit. Man erhält so feste Kuchen, die brechbar sind, und mit einem Gehalt von 40 % Trockensubstanz sowohl direkt zur Verfeuerung als auch zur Brikettierung geeignet sind. Man kann in manchen Fällen natürlich auch den abgepreſsten Schlamm als Dünger verwenden, aber er bildet ein geruchloses und gut brennbares Heizmaterial, das viele Ähnlichkeit mit dem Torf zeigt. Diese Masse wird in den Kläranlagen sowohl zur Heizung der Betriebsmaschine, als auch zum Verkauf als Brennmaterial für ärmere Volksschichten verwendet. Ebenso können die Gemeinden die Heizung ihrer öffentlichen Gebäude damit vornehmen. Zu diesen Verwendungsarten ist in letzter Zeit eine neue getreten, die erhebliche Vorteile für das Kohlebreiverfahren erringen dürfte. Durch die Einführung der Gaskraftmaschinen für Generatorgas ist den Gemeinden, die beabsichtigen elektrische Zentralen zu errichten, in diesem Verfahren ein neuer Hilfsfaktor erstanden durch die Verwertung der Klärrückstände im Generator zur Erzeugung von Kraftgas. Den ersten Versuch in dieser Hinsicht machte auf Veranlassung des Herrn Ingenieur Wilhelm Rothe die Deutzer Gasmotorenfabrik mit Rückständen verschiedener Orte, die bereits Rothesche Anlagen besitzen, in ihrer eigenen Versuchsstation und gelangte dabei zu so günstigen Resultaten, dafs sie eine Probeanlage auf der Städteausstellung in Dresden ausführte. Die Rückstände wurden bei den Versuchen waggonweise nach Deutz gesandt und im Generator vergast. Sie fanden dann Verwendung zum Betriebe eines Motors von 60 Pferdestärken, welcher durch fortgesetzte Bremsung in seiner Leistung kontrolliert wurde und so die Betriebsresultate zeigte, wie sie Deutz angibt.

Eine solche Anlage besteht aus einem Generator einer kleinen Wäschervorlage einer Kondensationsanlage von sehr geringem Umfange, einem Gasbehälter und dem Gasmotor. Der Generator besteht aus einem mit feuerfesten Steinen ausgekleideten Schachtofen, in welchem der Klärschlamm zunächst durch das bereits entstandene heiße Generatorgas vorgetrocknet und zum Erglühen gebracht, darauf durch unvollständige Verbrennung mit der eingeblasenen Luft in Generatorgas umgesetzt wird. Der Generator ist oben mit einer Füllöffnung, unten mit zwei Reinigungstüren versehen, durch welche der Raum über und unter dem Rost zugänglich gemacht werden kann. Er ist durch eine Leitung mit einem Kapselgebläse verbunden, welches durch einen kleinen Elektromotor angetrieben wird und dazu dient, die zur Vergasung nötige Luftmenge direkt in den Generator einzublasen. Die Kondensationsanlage besteht aus einem Staubsack, in welchem sich mitgerissene Kohlenteilchen und Wasser ausscheiden, und aus einem Skrubber. Die beiden Apparate sind mit einem ständigen Wasserzufluſs versehen. Der Gasbehälter dient im wesentlichen zum Ausgleich zwischen Konsum und Produktion; kurz vor dem Ein- und Austritt des Gases nach dem Motor ist in die Leitung ein Kondenstopf eingeschaltet zur Ansammlung des in der Leitung noch kondensierenden Wassers. Aufserdem ist in der Leitung kurz vor dem Eintritt des Gases in den Motor ein weiterer Wasserabscheider eingesetzt. Das erblasene Gas hat 850—1200 WE, je nach der Beschaffenheit des Schlammes. Der Gasmotor mufs mit Rücksicht auf diesen relativ geringen Heizwert des Gases entsprechend stark

genommen werden, alsdann ist hier ein ebenso sicherer Betrieb möglich, wie mit einem aus anderen festen Brennstoffen erblasenen Generatorgas.

Die Deutzer Firma gibt garantierte Zahlen über den wirtschaftlichen Erfolg, und zwar nimmt sie an, dafs in einer mittleren Stadt täglich 4000 cbm Kanalwasser verarbeitet und dem entsprechend etwa 12000 kg Klärschlamm geliefert werden. (Eine Zahl, die zu niedrig, da in Wirklichkeit pro cbm mindestens 4 kg vergasungsfähiger Klärschlamm genommen werden.) Nach Versuchen, die dort gemacht worden sind, ist bei Verwendung eines größeren modernen Motors durch Vergasung von 2 kg Klärschlamm im Dauerbetriebe eine PS.-Stunde zu erzeugen, das sind im vorliegenden Falle täglich 6000 PS.-Stunden.

Durch Umsetzung einer PS.-Kraftstunde in elektrischen Strom werden $0{,}736 \times 0{,}90 = 0{,}66$ KW.-Stunden gewonnen. Die Anlage liefert also täglich ca. 4000 oder jährlich (365 Tage) 1460000 KW.-Stunden aus dem Klärschlamm. Mit 2 kg Rückstand kann man also bei 60 % Feuchtigkeit im Brennstoff im Generator bei Dauerbetrieb eine PS.-Stunde erzielen. Bei dem Kohlebreiverfahren hat sich in der Praxis ergeben, dafs pro cbm Abwasser 3 bis 6 ½ kg Klärschlamm in vergasbarer Form sich ergeben, somit würde 1 cbm Abwasser bei einem mittleren Schlammgehalt von 4 kg 2 PS.-Stunden oder 1⅓ KW.-Stunden ergeben. Wirtschaftlich gerechnet würde dies bei einem Preis von nur 10 Pf. pro KW.-Stunde pro cbm Wasser ein Erlös von rund 13⅓ Pf. entsprechen, dieser Erlös würde bereits die Gesamtbetriebskosten und einen großen Teil der Amortisation und Verzinsung der ganzen Anlage tragen, in Wirklichkeit aber ist der Erlös pro KW.-Stunde wesentlich höher und zwar 10 bis 25 Pf. für Kraft und 30 bis 65 Pf. für Beleuchtung, so dafs nicht unerhebliche Vorteile daraus erwachsen würden. Es liegt in der Natur der Sache, dafs die einzelnen Zahlen nicht genau angegeben werden können, da immer von Fall zu Fall entschieden werden mufs.

Naturgemäß hängt die ganze Verwertung eng mit der Beschaffenheit des Klärrückstandes zusammen, und es gibt wohl kein Verfahren, welches gleich dem Kohlebreiverfahren einen gleich brauchbaren Schlamm liefert, da die ganze Behandlung nach derselben eine geeignete physikalische Beschaffenheit des Rückstandes gewährleistet, die auf keine andere Weise zu erreichen ist.

Im vorangehenden hoffe ich auf eine Verwertung der Abwässer aufmerksam gemacht zu haben, die besonders für die Gemeinden großen Vorteil bringen dürfte, die einerseits eine Kanalisation andererseits die Anlage elektrischer Zentralen planen, indem sie durch dieses Verfahren die kostenlose Reinigung ihrer Abwässer erreichen, mit einem Reinheitsgrade, der die staatlichen Forderungen unbedingt erfüllt, und außerdem noch einen mehr oder weniger großen Teil der Amortisation und Verzinsung des Bankkapitals erzielten. Mir selbst liegt jedes geschäftliche Interesse daran fern, ich habe mich aber durch Besichtigung verschiedener Anlagen nach dem Kohlebreiverfahren wie Oberschöneweide und Tegel bei Berlin und chemische Untersuchung von Klärrückständen von dem Heizwert und der Verwertbarkeit derselben überzeugt, und hielt ich es für angebracht, auch in weiteren Kreisen Interesse für diese wichtige Frage zu erwecken.

Digitized by Google

Vorsitzender: Ich eröffne die Besprechung über diesen Vortrag. Der Technische Ausschufs hatte geglaubt, dafs dieses Verfahren nach manchen Richtungen hin Interessantes bieten werde, und wir hatten uns erlaubt, an die Aktiengesellschaft Gebrüder Körting, an Herrn Adams, Direktor der Berliner Kanalisationswerke, und an Herrn Julius Pintsch zu schreiben, welche ebenso, wie Herr Stadtrat Marggraff, uns gütigst zugesagt haben, an der Besprechung teilnehmen zu wollen. Es kommt in Betracht einerseits das Verfahren zur Reinigung der Abwässer, andererseits die Verwendung der Rückstände für den Betrieb von Sauggasmotoren.

Herr Chemiker Dr. Göhring-Spindlersfeld: M. H.! Ich knüpfe an die letzten Worte des Herrn Vortragenden an: auch mir fehlt jedes geschäftliche Interesse. Ich bin lediglich als Chemiker der Firma W. Spindler und als Mitglied der Kanalisations-Kommission zu Cöpenick in der Lage gewesen, dieses Verfahren zu studieren und außerdem analytisch zu begründen. Wir, die Mitglieder der Kommission, haben vor zwei Jahren eine Rundreise durch Deutschland gemacht, uns sämtliche Systeme von Wasserreinigungs-Verfahren angesehen und sind mit dieser Erfahrung in der Cöpenicker Kanalisations-Kommission zu unseren Entschlüssen gelangt. Durch die Munifizenz der Stadt Cöpenick und die Freigebigkeit der Firma W. Spindler war es uns möglich, einen Versuch mit dem Kohlebreiverfahren zu machen, der ungefähr 10 000 ℳ gekostet hat, jedoch mit anderem Resultat, als vorher der Herr Vortragende uns mitteilte. Er hat den Versuch als mifslungen bezeichnet, während ich an der Hand von analytischen Zahlen ihn gelungen nennen mufs. Von verschiedenen Seiten ist dieser Versuch besichtigt worden und insbesondere hat die Ministerial-Kommission sich davon überzeugt, dafs das Verfahren in offenen Klärbecken vollständig einwandfreies Wasser lieferte.

In Spindlersfeld wird seit langer Zeit mit vollem Erfolg das Abwasser geklärt mit Kalk und Chlormagnesium. Die Niederschläge sedimentieren in offenen Klärbecken, trocknen in letzteren ab und werden dann auf ein entfernteres Grundstück lediglich zur Aufhöhung gebracht. Das Verfahren gibt sehr gute Resultate; das Wasser ist blitzblank und gut gereinigt. Aber die Schlammbeseitigung verteuert es wesentlich.

Ich will hier noch an die bekannten Vorwürfe erinnern, welche man dem Kalk-Klärverfahren macht; dafs es einen Teil des Kalkes in Lösung behält, dafs dieses alkalische Wasser mehr organische Substanzen löst und, wenn es hinauskommt in die Gewässer, der Kalk sich als Monokarbonat ausscheidet, den Fischen die Kiemen versetzt und sie tötet, diese Beobachtung habe ich nie gemacht in Spindlersfeld. Ich kann aber andererseits versichern, dafs das Rieselverfahren, wie Herr Stadtrat Marggraff mir bestätigen wird, auch seine großen Übelstände hat und dafs die Berliner Rieselwässer in der Wuhle bei Cöpenick durch die enormen Leptomitus-Wucherungen schon öfters große Mifshelligkeiten verursachten. Nach unserer Meinung könnten wir das Kalkverfahren einführen, auch dürfen wir annehmen, dafs der Reinigungseffekt ebenfalls ein guter wäre, dafs aber die Kosten sich erheblich hoch stellen würden.

Nun sind wir in Cöpenick insofern in anderer Lage — Sie wissen, dafs Cöpenick die Waschküche von Berlin ist — als wir eine außerordentlich große Masse Seifen-

wasser haben. Was die Gesamtwassermenge anbelangt, so betragen die Abwässer dieser Stadt von 25 000 Einwohnern 2500 cbm, die Abwässer der Fabriken ebensoviel und die Abwässer der Firma W. Spindler 5000 cbm, so daſs wir im ganzen 10 000 cbm Abwässer zu reinigen haben, wovon nur $^1/_4$ Hauswasser ist. Dadurch sind die Verhältnisse wesentlich andere als in den meisten Städten. Die Wässer in Cöpenick sind sehr viel verdünnter. Dies veranlaſste uns, zu versuchen, ob man nicht in offenen Klärbecken mit Kohlebrei eine Klärung herbeiführen kann. Selbstverständlich wird man nicht an solche Versuche denken können, wenn man es nur mit dicken Fäkalwässern zu tun hat; in diesem Falle bleibt nichts weiter übrig, als daſs man, wie der Herr Vortragende anführte, die Rotheschen Klärtürme anwendet, weil sonst die ganze Kläranlage einen ziemlich schlechten Geruch verbreiten dürfte.

Wie schon so vielfach von den Autoren hervorgehoben worden ist — ich folge hier einer Broschüre, die vor ein paar Wochen von mir bei Leineweber in Leipzig herausgegeben worden ist —, spielt immer die Hauptrolle die Schlammbeseitigung. Wenn es auch der Stadt Cöpenick möglich wäre, in verhältnismäßig billiger Weise den Schlamm auf eines ihrer Grundstücke zu bringen, so belastet das doch den Etat derart, daſs das zu teuer wird.

Die Kommission entschied sich daher, wie schon bemerkt, für das Kohlebreiverfahren mit Braunkohle und schwefelsaurer Tonerde. Weiter ist geplant eine Vergasung des Kohlebreischlammes in Generatoren und Nutzbarmachung desselben zu Zwecken der Elektrizität. Es ist hier nicht der Ort, in eine Würdigung des Verfahrens des leider zu früh verstorbenen Paul Degener einzutreten. Außerdem sind in der Umgebung Berlins, in Potsdam, in Spandau, Oberschöneweide und Reinickendorf solche Verfahren eingeführt, allerdings vorerst ohne Vergasung und nur mit Rotheschen Klärtürmen.

Wie ich schon bemerkt habe, hat das Wasser einen besonderen Charakter in Cöpenick, weil die Fäkalstoffe mehr in den Hintergrund treten. Man dachte, daſs das Kohlebreiverfahren nach dem Spindlerschen System vereinfacht werden könnte. Die Absicht war daher:

a) das Wasser soll mit Braunkohle und schwefelsaurer Tonerde nicht in Klärtürmen, sondern in flachen Becken geklärt werden;
b) der Klärschlamm soll nicht in Filterpressen entwässert, sondern in flachen Becken stichfest und eventuell in offenen Schuppen so weit abgetrocknet werden, wie notwendig ist;
c) dieser ausgetrocknete Schlamm soll nicht zu Brikettes geformt oder unter Kesseln verfeuert, sondern im Generator zu Wassergasbereitung verwendet werden.

Wie die einzelnen Phasen sich praktisch festlegen, das sollten die großen Versuche draußen in Spindlersfeld ergeben. Die Klärung selbst vollzog sich in folgender Weise:

Feinst gemahlene Braunkohle wurde durch Vermittelung eines elektrisch angetriebenen Motors von ca. 25 P.S. in einer Mühle naſs gemahlen; der Brei floſs zum

Digitized by Google

Abwasser, wo er mit der schwefelsauren Tonerde zusammentraf, genau wie beim Kalk-Chlormagnesiumverfahren.

Eine Zentrifugalpumpe drückte das mit der Mischung von Kohle und schwefelsaurer Tonerde versetzte Abwasser der Fabrik durch einen 500 m langen Graben nach einem 40 m breiten, 500 m langen, ca. 1 m tiefen = 4000 cbm fassenden Klärbecken, füllte dieses und floſs vollständig entfärbt und klar ab über eine Stauvorrichtung.

Vom 28. Oktober 1903 bis zum 25. November 1903 blieb das Bassin ununterbrochen auf diese Art im Betrieb. Zeitweise beim Maximalzufluſs eintretende höchst geringe Trübungen des Wassers, welche aber noch lange nicht mit dem bei dem sogenannten Sedimentierverfahren resultierenden Wasser zu vergleichen waren, rührten von leichten Kohleteilchen her. Diese Trübung war sofort beseitigt, wenn die Geschwindigkeit des Wassers etwas verlangsamt wurde; dann war das Wasser blank.

Es war somit der Teil a des Problems nach dem Augenschein glücklich gelöst. Aber auch der analytische und bakteriologische Befund ergab ein sehr günstiges Resultat, wie nachstehend aus dem Vergleich des Rohwassers mit dem gereinigten Wasser erhellt.

Die Analyse ergab für:

	Rohwasser	mit Kohlebrei und schwefelsaurer Tonerde geklärtes Wasser
Temperatur:	16½° C,	— 16° C,
Farbe:	blauschwarz, undurchsichtig,	— ungefärbt, klar,
Reaktion:	alkalisch,	— neutral,
Geruch:	nach Schwefelwasserstoff,	— ohne,
Suspendierte Bestandteile:	Extraktivstoffe, gerbsaure Salze, fettsaure Salze, Textilfasern, Metallsalze etc. etc.	— ohne.

Im Liter nach dem Filtrieren sind enthalten mg:

	Trockenrückstand	670	564
	Glühverlust	330	152
	Kalk	60	59
	Eisenoxyd / Tonerde	15	40
	Schwefelsäure	40	60
	Chlor	31	30
Stickstoff:	Gesamt-	6	5
	Ammoniak-	5	2
	Nitrat-	0	Spuren
	Nitrit-	0	Spuren
	Organischer	4	3
	Verbrauch von Kaliumpermanganat	217	85

Anzahl der entwicklungsfähigen Keime:

a) auf gewöhnlicher Gelatine	3 671 700	52 000
b) auf Jodkalium-Kartoffel-Gelatine	351 220	10

Digitized by Google

Das gereinigte Wasser faulte nach 7tägigem Stehen nicht nach.

Bakteriologischer Befund und Stickstoffbestimmung sind im Auftrage der Firma W. Spindler von der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin ausgeführt.

Aus der Analyse geht hervor, dafs der Reinigungseffekt vorzüglich ist. Die organische Substanz hat sich um 60,8 % verringert.

Das Bakterium coli ist so gut wie gänzlich abgetötet. Gegen das Wasser sind keine Bedenken zu erheben.

Was nun die Kosten dieses Verfahrens anlangt, so wurden im täglichen Durchschnitt bei 5000 cbm Abwasser verbraucht:

Braunkohle	10 000 kg		
Schwefelsaure Tonerde	1250 -		
oder pro 1 cbm Abwasser			
Kohle	2 kg		
Schwefelsaure Tonerde	250 g		
Rechnet man die Braunkohle	100 ko	= ℳ	0,40
- schwefelsaure Tonerde .	100 -	= -	5,20
so ergeben sich für Braunkohle täglich		= -	40,—
für schwefelsaure Tonerde -		= -	65,—
- Strom zur Mühle täglich		= -	7,—
		Sa. ℳ	112,—

oder für 1 cbm Abwasser = 2,25 Pf.

Da die Kosten für das Kalkverfahren ℳ 77,— täglich betrugen, so ergibt sich für das Kohlebreiverfahren eine tägliche Mehrausgabe von rot. 45 %.

Mit dem Braunkohlenzusatz kann man nun ohne Schädigung des Kläreffekts auf $1^1/_2$ kg pro cbm Abwasser herabgehen. Die Kosten würden sich dann entsprechend ändern. Es wurden jedoch 2 kg Kohle beliebt, weil hierdurch ein besserer Erfolg im Generator erwartet wird.

M. H.! Über das Trocknen des Klärschlamms und über die von dem Herrn Vortragenden angeführte Entmischung des Wassers und Klärschlammes bin ich auch in der Lage, genaue Daten zu geben; aber das werde ich später an anderer Stelle tun, da die Versuche noch im Prüfungsstadium sich befinden, also noch nicht abgeschlossen sind.

Was endlich die Schlammvergasung im Generator anlangt, so wird diese Frage von uns soeben näher studiert.

Zufällige Versuchsresultate als definitive anzusehen, ist daher verfrüht.

Stadtrat **Marggraff**: Ich habe ausdrücklich gebeten, mich nicht an der Debatte beteiligen zu wollen. Die Sache ist uns nicht fremd. Seit Dezennien haben wir uns mit solchen Reinigungsverfahren beschäftigt. Mit dem verstorbenen Degener habe ich persönlich auch über die Sache verhandelt und es ist mir immer nicht angenehm, von unseren Berliner Verhältnissen auf andere Verhältnisse Schlüsse zu ziehen. Ich kann nur sagen: für Berlin ist das Verfahren absolut ungeeignet. Wir haben jetzt mit Wasser-

Digitized by Google

massen zu tun pro Tag in Höhe von 260 000 cbm und werden in kurzer Zeit auf 300 000 und werden vielleicht in längerer Zeit auf 350 000 und 400 000 cbm Wasser täglich kommen. Also ein Verfahren wie dieses Degenersche oder Rothesche Verfahren bei solchen Wassermengen zu verwenden, würde solche Kosten verursachen, dafs die Ausgaben für die Rieselfelder dagegen das reine Kinderspiel sind.

Aber die Sache hat für uns auch noch eine andere Seite. Wir haben das Verfahren überall mit großer Aufmerksamkeit verfolgt und haben an all den Orten, wo es eingeführt ist, die Resultate untersuchen lassen und haben festgestellt, dafs die Reinheit der Abwässer gar nicht mit denen zu vergleichen sind, die wir mit unserem Verfahren erzielen. Ich erinnere an die Aussprüche von Ohlmüller, Proskauer usw., die alle dieses Verfahren nur als einen Ersatz für Rieselfelder anführen und bezeugen, es gibt noch kein Verfahren, das eine ähnliche Reinheit der Abwässer herstellt wie dieses. Aber damit sage ich nicht, dafs es für kleine Gemeinden und für einzelne Anstalten nicht geeignet sein soll. Wie gesagt, es liegt mir fern, eine Kritik an ein solches Verfahren anzulegen, von dem ich nur urteilen kann: für Berliner Verhältnisse pafst es nicht. Ob es für andere Verhältnisse pafst, kann ich nicht beurteilen.

Herr Haller, Direktor der Aktiengesellschaft Gebr. Körting: M. H.! Der Herr Vorsitzende hat auch unsere Firma: Gebr. Körting, Aktiengesellschaft, eingeladen, uns an der heutigen Besprechung zu beteiligen, und das mag mir als Entschuldigung dienen, wenn ich Ihre Zeit in Anspruch nehme. Wir sind an der Sache nur insofern interessiert, als wir uns mit der Vergasung des Klärschlammes beschäftigen, und da kann ich sagen, dafs der Schlamm aus Oberschöneweide sich tadellos hat vergasen lassen. Es ist uns gelungen, den Schlamm vollständig teerfrei zu verarbeiten, und zwar haben wir etwa aus einem Kilogramm Klärschlamm 1,2 cbm sogenanntes Kraftgas von ca. 1000 Wärme-Einheiten im Kubikmeter erzeugt. Das würde, wenn man rechnet, dafs von diesem Gas 3 cbm auf eine Pferdestärke gerechnet werden, 1,2 kg für eine Pferdestärkenstunde ergeben.

Mit dem Schlamm, der in der neuen Versuchsanlage in Cöpenick erzeugt worden ist, haben wir noch nicht völlig befriedigende Resultate erzielt. Das mag wohl daran liegen, dafs man bei diesem Schlamm zeitweilig an der Kohle gespart hat und dann einmal wieder zu viel Tonerde zugesetzt hat. Jedenfalls hat der Schlamm eine ganz andere Zusammensetzung gezeigt als der aus Oberschöneweide. In den Generatoren haben wir von der einen Ladung, die wir versucht haben zu vergasen, so viel Schlacke gehabt, dafs nach 2¼ Stunden der Generator nicht mehr betriebsfähig war. Das lag aber, wie wir konstatiert haben, an der großen Menge von Kieselsäure in dem Klärschlamm, die bei 9 % der Schlammmasse oder 15 % der Trockensubstanz betrug. Wie mir gestern Herr Stadtrat Schüfsler von Cöpenick sagte, mag das wohl daran gelegen haben, dafs in den Becken, in die die zu klärenden Flüssigkeiten eintreten, sich Wirbel gebildet haben, so dafs keine gleichmäßige Verteilung stattgefunden hat, sondern an einigen Stellen sich die leichtere Kohle niedergelegt hat und an anderen Stellen die mitgerissenen Sandteile und die schwefelsaure Tonerde. Man sollte vielleicht später versuchen, eine möglichst genaue Trennung der brennbaren und nicht brennbaren Be-

Digitized by Google

standteile in den Becken zu erzielen. Die erste Ladung, die wir von Cöpenick bekamen, hatte nach kleinen Schwierigkeiten ebenfalls ganz gute Resultate ergeben, fast eben so gute wie die des Schlamms von Oberschöneweide. Darin waren aber nur etwa 2,2 % Kieselsäure enthalten und wahrscheinlich auch weniger Tonerde.

Es ist danach zu erwarten, dafs auch der Schlamm aus Klärbecken bei gleichmäßiger Ablagerung der Bestandteile sich in Generatoren vorteilhaft vergasen lassen wird.

Herr Baurat Herzberg: Ich möchte an Herrn Haller die Frage richten, ob er Schlamm vergast hat oder Briketts. Darauf kommt es allein an. Der Schwerpunkt liegt in der Überführung des Schlamms in eine solche Form, dafs man ihn verfeuern kann. Diese Frage mufs man zunächst präzise beantworten. In welcher Form ist Ihnen der Schlamm zu Ihren Versuchen zugeschickt worden?

Herr Haller: Das Wasser flofs noch aus dem Schlamm heraus. Er war einfach aus dem Becken herausgestochen. Er kam mit etwa 63 % Feuchtigkeit an. In dieser Form war er noch nicht zu vergasen und wir mufsten ihn mit Hilfe der Wärme, die in den erzeugten Gasen enthalten ist, etwas vortrocknen. Das war aber nicht der Fall bei dem Schlamm aus Oberschöneweide, der eine andere Struktur zeigt. Er war faseriger als der Cöpenicker, wahrscheinlich weil der Schlamm aus Oberschöneweide mehr Kohle enthielt, und er war mit 57 bis 58 % Feuchtigkeit zu vergasen. Er brannte im Generator und der Wasserdampf wurde zum Teil wieder zur Gaserzeugung benutzt, indem er sich in den glühenden Teilen des Generators in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegte. Der Sauerstoff wird zur Kohlenoxydbildung verwendet, während der Wasserstoff frei im Gas enthalten ist.

Herr Baurat Herzberg: Wie ich schon hervorgehoben habe, liegt der Schwerpunkt in der Überführung der Rückstände in eine solche Form, dafs man sie verbrennen kann; wenn der Schlamm noch mehr als 50 % Wasser enthält, so kann das zu mancher Enttäuschung führen. Ich glaube, man irrt sich, wenn man meint, man könne auf die Dauer im großen Stile große Schlammmassen mit mechanischem Betriebe in feste Form bringen. Sowie man große maschinelle Betriebe braucht, kommt man ganz bald dazu, zu sagen: hätten wir doch diese Anlage nicht! Durch Absetzenlassen bekommt man den Schlamm nicht fest genug. Das ist der Grund, weshalb man gute Rieselfelder unter Vermeidung des Baues von Kläranlagen vorzieht. Aus demselben Grunde hat die große Bewegung für das biologische System in England so außerordentliche Fortschritte gemacht. Das sogenannte biologische System beruht wesentlich darauf, dafs man keine mechanischen Prozesse vorzunehmen hat, obgleich auch dieses System einer guten Rieselfeldanlage nicht gleichkommt.

Ich möchte nur das eine hervorheben: man mufs zweierlei unterscheiden, das Rothe-Degenersche Verfahren, das in mancher Beziehung Gutes geleistet haben mag und in einigen Vororten noch im Gange ist, z. B. in Spandau und in Potsdam. Dort ist über sehr hohe Kosten pro Kopf der Bevölkerung geklagt worden. In Potsdam

wurde laut Vertrag 1,5 ℳ auf den Kopf der Bevölkerung, die bei der Reinigung der Abwässer in Frage kommt, gerechnet. Wieweit die Unternehmerin ihre Rechnung gefunden hat, weiß ich nicht; ich glaube, es ist ihr nicht gut gegangen. Andere Vororte wollen mit der Sprache nicht recht herausrücken; sie geben aber sehr hohe Beträge dafür aus.

Die hohen Kosten will man nun dadurch zu verringern suchen, dafs man die Massen in Form von Briketts oder den gepreßten Schlamm, oder sei es eine andere Form, durch Verbrennen auszunutzen sucht. Nun weiß ich nicht, ob ich die Zahlen ganz richtig im Kopf habe, die mir ein Herr in Dresden nannte. Man beabsichtige etwa 50% Kohle zuzusetzen. Dann fragte ich, wieviel Wärmeeinheiten die Briketts, die er verfeure, hätten. Auf ungefähr 1300 Wärmeeinheiten sollen aus einem Kilogramm erzeugt werden. Die Kohle sah gar nicht schlecht aus, wenn ich ihren Heizwert auf 2600 Wärmeeinheiten schätze, so gab der Schmutz also gar keine Wärmeausbeute. Der Effekt lag nach meiner Meinung wesentlich in den Kohlen. In solchen Fällen brauche ich nicht feine Untersuchungen, es genügen generelle Betrachtungen. Es bleibt allein als angenehm übrig, die Schmutzteile los zu werden. Das ist ein Effekt, den ich nicht unterschätze. Aber ich bleibe dabei, die Überführung der großen Mengen Schlamm in eine feste Form ist ein noch nicht gelöstes Problem.

Herr Stadtverordneter Dr. Paul: Ich kann mich den Ausführungen meines Herrn Vorredners nur anschließen. Ich habe hier einen ausführlichen Bericht des Herrn Professor Drehschmidt, der dieses Kohlebreiverfahren genau untersucht hat, zur Hand. Tatsächlich ergibt sich daraus, dafs der ganze Heizwert eigentlich nur von der Güte der angewendeten Braunkohle abhängig ist. Es ist ein ganz einfaches Rechenexempel. Zu 1 cbm Abwasser setzt man 1½ kg Braunkohle und 0,15 schwefelsaure Tonerde und bekommt nach diesen Zusätzen 2½ bis 3 kg Klärschlamm. Wenn Sie bedenken, dafs von den 2½ bis 3 kg Klärschlamm ca. 60% Feuchtigkeit abgehen und dafs dann ein derartig getrockneter Klärschlamm immerhin noch 18 bis 20% Feuchtigkeit enthält — ich will annehmen, die Braunkohle wird vielleicht auch etwas Wasser enthalten (Zuruf: 50%!) —, so kommen Sie auf ein Gewicht, dafs je nach der Feuchtigkeit der Braunkohle entweder etwas weniger oder etwas mehr als 1½ kg ist.

Was beweist der Prozefs? Der Prozefs hat den einzigen Vorgang, dafs schwefelsaure Tonerde in eine Lösung hineingeworfen wird, in der durch den Fäulnisprozefs Ammoniak erzeugt ist. Die Schwefelsäure geht an das Ammoniak und Tonerdehydrat setzt sich zu Boden. Die Braunkohle befindet sich in Suspension, sie wird mit dem Tonerdehydrat zusammen abgeschieden. Der Niederschlag reifst so viel, wie er kann, organische Substanzen mit sich; außerdem saugt die Braunkohle etwas organische Bestandteile in sich auf, so dafs in dieser ganzen Abscheidung — das ist durch Analyse festgestellt und geht aus den Verbrennungszahlen hervor — nur ein mehr oder minder geringer Prozentsatz der organischen Substanzen, die in den Abwässern enthalten waren, vorhanden ist. Dafs das richtig ist, geht auch daraus hervor, dafs die Resultate keineswegs einwandfrei sind.

M. H.! Ich habe hier verschiedene Analysen sorgfältigster Art, die von unserem Hydrologen Herrn Professor Piefke gemacht sind. Ich will Sie nicht damit lange aufhalten, ich will blofs folgenden Satz vorlesen:

„Das Endergebnis läfst sich dahin zusammenfassen, dafs das Rieselfelderverfahren allen anderen Verfahren überlegen ist. Das Niederschlagverfahren, welches in Spandau, in Potsdam, Lichtenberg und Rummelsburg zur Ausführung gelangte, ergab ein vielfach unvollkommenes Resultat. Um vieles leistungsfähiger erwies sich das Kohlebreiverfahren; auch in Tempelhof usw. Aber keines der Reinigungsverfahren führt für sich allein eine derartige Reinigung der Abwässer herbei, wie sie nach den für die Berliner Rieselfelder festgesetzten Normalien verlangt werden mufs."

Ich will nur die Zahlen des übermangansauren Kalis, das erforderlich ist, anführen. Sie sind der Prüfstein, wie viel oxydierbare Substanz vorhanden ist. Man hat festgestellt, dafs hierfür als Normalzahl 3,0 g erforderlich sind. Während sie sich in Tegel schon wie 8 zu 3 verhalten, haben wir auf den Rieselfeldern häufig nur 2,20 und 2,77 zu 3, also unter normal; und Sie mögen es machen wie Sie wollen, Sie kommen bei dem Kohlebreiverfahren mindestens auf 5, 6, 7, 8 g auf 100 000 g.

Nun gibt es aber noch eine zweite Seite. Die Verwendung der Rückstände aus dem Kohlebreiverfahren hängt ab von der verwendeten Braunkohle, die Sie ursprünglich genommen haben. Von anderer Seite ist schon ausgeführt, dafs die hohen Kosten, die das umständliche Verfahren mit sich bringt, hinzukommen. Ich will darauf nicht weiter eingehen. Aber wir haben noch eine ganz andere Aufgabe zu vollführen: also einmal die Unschädlichmachung dieser Stoffe aus hygienischen und dann aber die Nutzbarmachung dieser Stoffe aus volkswirtschaftlichen Gründen; wir brauchen nur einen Blick in die Umgebung von Berlin zu werfen, um zu sehen, wie sehr sich die Verhältnisse geändert haben. Abgesehen davon, dafs die Rieselfelder selbst gewisse Erzeugnisse liefern, haben sie große Vorteile für die Ackerbau treibende Bevölkerung gebracht; für die kleinsten Leute, für die Arbeiter und für die größeren Besitzer, so dafs sie sich jetzt unter viel verbesserten Verhältnissen befinden als früher. Der ärmliche Boden, den wir früher hatten, mit dem Mangel an Futtermitteln, der es nicht möglich machte, dafs sie Vieh halten konnten, ist gehoben, und die Bevölkerung der Stadt Berlin kann dankbar sein, dafs sie jetzt viel besser versorgt wird, als es früher der Fall war.

Nun, m. H., wenn Sie noch einmal die Sache beurteilen, so werden Sie sagen, Herr Stadtrat Marggraff hatte ganz recht: für viele Zwecke mag das Kohlebreiverfahren vorteilhaft sein, insbesondere für die Orte, wo Kohlegrus in Überfluſs vorhanden ist, wie vielleicht an manchen Plätzen in England, und wo es nicht darauf ankommt, wie beschaffen das Abwasser ist, zumal wenn es bald in das Meer oder in einen großen Flufs gelangt. Anders aber hier. Wenn wir sehen, dafs Cöpenick, der Ort unserer Vorfluten, mit einem derartigen Verfahren beglückt werden soll, was wird dann aus unserer Spree? Das Wasser unserer Spree wird schlechter werden. Deshalb möchte ich davor warnen, dafs für unsere Umgebung das Kohlebreiverfahren ein-

gerichtet wird. Wir haben es in Tegel durchgemacht. Wie himmelschreiend ist es gewesen, was für Schäden sind gefolgt dadurch, dafs die Abwässer in den Tegelersee hineingelassen worden sind. Wir wurden gezwungen, unser Wassersystem zu ändern. Deshalb warne ich, dafs zu viel Propaganda für das Kohlebreiverfahren in den Nachbarorten gemacht wird. Unsere öffentlichen Flüsse dürfen nicht verschlechtert werden.

Vorsitzender: Ich danke dem Herrn Vortragenden, der zu einer so interessanten Debatte Anlafs gegeben hat.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Bericht über die Sitzung vom 2. Mai 1904.

Vorsitzender: Unterstaatssekretär Fleck, später Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding.

Sitzungsbericht:

Die Niederschrift vom 11. April wird genehmigt.

Aufgenommene Mitglieder:

Herr Kaiserlicher Regierungsrat von Boehmer in Groß-Lichterfelde; Herr Regierungsrat Steger in Charlottenburg; Herr Dipl. Ingenieur H. Stein in Köln a. Rh., Teilhaber der Firma A. Stein & Co., Köln; Oberschlesischer Bezirksverein deutscher Chemiker in Schwientochlowitz O.-S. und The Institution of Mechanical Engineers in London.

Angemeldetes Mitglied:

Herr Ministerialdirektor Wirklicher Geheimer Oberregierungsrat Stieger.

Mitteilungen des Vorstandes:

Vorsitzender: Mir ist von unserem Rendanten die Rechnung des letzten Vierteljahrs für die Kasse des Vereins und der Seydlitzstiftung vorgelegt. Die Rechnung des Vereins weist auf einen Bestand am 31. Dezember 1903 von 97,80 ℳ, eine Einnahme einschließlich dieses Bestandes von 25 567,20 ℳ, eine Ausgabe von 6329,81 ℳ, sodafs am 31. Dezember 1904 ein Bestand von 19 238,19 ℳ verblieben ist.

Die Seydlitzstiftung hatte am 31. Dezember 1903 einen Bestand von 6039,07 ℳ, eine Einnahme einschließlich dieses Bestandes von 10 917,32 ℳ und eine Ausgabe von 3289,70 ℳ, sodafs am 31. März d. J. ein Bestand von 7627,62 ℳ verblieb.

Ich erhalte die betrübende Nachricht, dafs ein langjähriges und tätiges Mitglied des Technischen Ausschusses, Herr Carl Gebhardt, in Firma Carl Hauschild in Stralau verschieden ist. Der Verstorbene war Mitglied seit dem 2. Juli 1877 und gehörte dem Technischen Ausschufs seit dem Jahre 1880 an. Der Verein wird dem heimgegangenen Mitgliede ein ehrendes Andenken bewahren.

An Druckschriften sind eingegangen und werden vom Technischen Ausschufs vorgelegt: Bericht über den Handel und die Industrie Berlins im Jahre 1903 Band 2, von den Ältesten der Kaufmannschaft eingegangen; Rede, zur Feier des Geburtstages Seiner Majestät des Kaisers und Königs Wilhelm II. am

Digitized by Google

20. Januar 1904 gehalten in der Technischen Hochschule zu Berlin von dem Rektor Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. G. Hettner; Bericht des Gewerbevereins zu Dresden auf das Vereinsjahr 1903/4; Jahresbericht der Staatslehranstalten in Chemnitz für die Zeit von Ostern 1903 bis Ostern 1904; Handwerks-Art und Handwerks-Recht von G. Koepper.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: M. H., am Sonntag den 24. April hat der Verein deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf sein 25jähriges Stiftungsfest gefeiert. Ich war dort, um dem Verein sowie seinem hochverdienten Vorsitzenden Herrn Geheimrat Lueg die Glückwünsche unseres Vereins zu überbringen, und bin ersucht worden, den Dank für diese Glückwünsche auszusprechen.

Herr Chemiker Dr. Frank: Vor Eintritt in die Tagesordnung möchte ich Ihnen allen noch meinen Dank aussprechen für die Ehre und Freude, die mir von Ihnen durch Ernennung zum Ehrenmitgliede des Vereins geworden ist. Ich habe im Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes stets gern mitgearbeitet, weil ich glaube, dafs ihm durch seine Verfassung die besonders nützliche Aufgabe zugewiesen ist, das allen wirtschaftlichen Kräften im Staate und in der Industrie Gemeinsame zu vertreten.

Je mehr jeder von uns im Zwange und Drange des Erwerbslebens genötigt ist, sich zu spezialisieren und seine nächsten Interessen im Fachverein zu pflegen, um so wichtiger ist es für ihn, sich den Ausblick auf das Ganze zu erhalten, und diese Gelegenheit kann und soll unser Verein bieten, da er zu seinen Mitgliedern ebenso die Vertreter der verschiedensten Gewerbe, wie die des Staates und der Wissenschaft zählt.

Nehmen Sie zum Schlufs noch die Versicherung, dafs ich die mir von Ihnen erteilte Ehrung nicht als ein verliehenes sondern als ein geliehenes Gut betrachte und, solange meine Kräfte ausreichen, bemüht sein werde, diese Schuld redlich abzutragen. — Nochmals herzlichen Dank!

Technische Tagesordnung.

1. Herr Chemiker Dr. A. Frank: Über Moorkultur und Torfverwertung.

Dieser Vortrag wird im nächsten Heft zum Abdruck kommen.

2. Vorführung elektrischer Widerstandsöfen nach dem Kryptolsystem.

Herr Dr. A. Voelker: Die ehrenvolle Einladung, die seitens des Vorstandes des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes an mich ergangen ist, die elektrischen Widerstandsöfen nach dem „Kryptolsystem“ in der heutigen Sitzung Ihnen vorzuführen, hat mich gern bereit gefunden, hier an dieser Stelle zu erscheinen. Nach einer kurzen Erläuterung werde ich mir gestatten, Ihnen in den Grenzen, die durch die Stromverhältnisse des Hofmannhauses gezogen sind, einige Apparate nach diesem neuen System im Betriebe zu zeigen.

Digitized by Google

M. H., es kann nicht meine Aufgabe sein, Ihnen einen eingehenden Vortrag über elektrische Öfen zu halten, ich möchte lediglich darauf hinweisen, dafs wir heute zwei verschiedene Arten von elektrischer Erhitzung kennen: Lichtbogenöfen und Widerstandsöfen. Bei den ersteren wird der elektrische Strom an geeigneter Stelle unterbrochen, sodafs ein Licht-Flammenbogen entsteht, — also Öfen mit direkter Erhitzung des Schmelzgutes — oder der Strom wird durch einen Leiter geführt, welcher seinem Durchgange einen Widerstand entgegensetzt, wodurch die Erhitzung dieses Leiters erfolgt: Öfen mit indirekter Erhitzung.

Es sind die Vorteile des Flammenbogenofens wohl genügend dadurch gewürdigt, dafs man auf die enorme Hitze hinweist, die der Flammenbogenofen gibt, welche auf einen verhältnismäßig kleinen Raum konzentriert werden kann, und dafs man damit eine Reihe von Stoffen und Materialien schmilzt und für Handel und Industrie verwertbar macht, die man früher überhaupt nicht in dieser Weise behandeln konnte oder nur mit erheblich größeren Schwierigkeiten.

Der Widerstandsofen ist in den verschiedensten Formen bereits in die Erscheinung getreten, sowohl in der Form, dafs der Strom durch Leiter aus Metall oder aus Kohle oder schlechter leitenden Materialien geschickt wird. Ich erinnere an den interessanten Ofen, den Herr Dr. Fröhlich auf dem letzten internationalen Chemikerkongresse zu Berlin vorführte.

M. H., meine Gesellschaft, die Firma Becker & Co. m. b. H. in Berlin, hat seit etwa vier Jahren das Bestreben gehabt, den elektrischen Ofen für die keramische Branche und zwar speziell für die Glasbranche einzuführen. Unser Ausgang war der Flammbogenofen. Wir versuchten ihn nutzbar zu machen, um die Glasrohmasse darin zu schmelzen und unter Anwendung des elektrischen Stromes zu läutern und weiter zu verarbeiten. Dieses Verfahren hat seine Ausarbeitung gefunden hauptsächlich in Plettenberg bei den „Lennewerken“ (in Westfalen) und in Matrei in Tirol, wobei durch Wasserkraft zu billigen Preisen erzeugte Elektrizität benutzt wurde. Es zeigte sich, dafs auf diese Weise sich Glas erzielen ließ, welches aber Mängel in der Reinheit und bezüglich der Haltbarkeit zeigte.

Diese — ich scheue mich nicht, es auszusprechen — in vieler Hinsicht mifsglückten Versuche führten uns dann dazu, unsere Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Systeme der Widerstandsöfen zu lenken.

Da man als Widerstandsöfen im allgemeinen heute nur die Öfen bezeichnet, die mit Metallwiderstand, speziell mit Platina versehen sind, so begannen auch wir unsere Versuche mit solchen. Bekannt sind die Apparate, die für kleine und häusliche Zwecke hauptsächlich gebaut sind, etwa zur Heizung von Kochgeschirren, Bügeleisen, dann auch zur Verwendung als Zimmer- und Küchenöfen, gebaut von der Firma „Prometheus“ in Frankfurt, von Hellberger in München und anderen. Ihre Konstruktion besteht darin, dafs man den zu erhitzenden Körper mit einer Isolierschicht umgibt und einen metallischen Heizwiderstand hineinlegt, sei es aus Platinadraht, Nickeldraht oder anderen Metallen. Verwendet man keinen Draht, so nimmt man dünnes Blech. Mit letzterer Anordnung hat besonders die Firma Heräus in Hanau eine Reihe von Laboratoriumsöfen auf den Markt gebracht.

Es ist notwendig, dafs der Draht oder das Blech dünn ist, um den nötigen Widerstand dem Durchgang des Stromes zu geben und um die nötige Wärmewirkung zu erzielen.

Die Verwendung von Widerstandsöfen mit solchen metallischen Widerständen verbietet sich da, wo man Temperaturen erreichen will, die über den Schmelzpunkt des betreffenden Metalls hinausgehen. Sie verbietet sich aber auch zum Gebrauch in der Industrie; denn es ist selbstverständlich, dafs man keinen größeren industriellen Ofen mit Platina oder Nickeldraht — die man schon des höheren Schmelzpunktes wegen nehmen mufs —, umgeben kann, um darin industriell zu arbeiten. Wir waren also genötigt, uns mehr für den anderen Leiter zu interessieren, der hier in Frage kam: die Kohle.

Man hat früher bereits Versuche gemacht, die Kohle zu zerkleinern und den Strom durchzuschicken, um die Wärme der sich bildenden Lichtbögen auszunutzen. Diese Versuche sind bis jetzt wenig oder, man kann sagen, gar nicht geglückt.

Auch unsere eingehenden und ohne Unterbrechung vorgenommenen Versuche, die etwa drei Jahre gedauert haben, waren in erster Zeit wenig erfolgreich. Erst nachdem wir die Kohle einer besonderen Behandlung unterworfen hatten und eine geeignete Mischung zwischen Kohle und anderen Substanzen hergestellt hatten, fanden wir, dafs unter gleichzeitiger Verwendung einer bestimmten Form und Größe sich der diskontinuierliche Kohleleiter, lose um den zu erhitzenden Gegenstand aufgeschichtet, vorzüglich als Regulier- und Heizwiderstand bewährte. Die Anwendung dieses Heizwiderstandes ist dabei in vielen Fällen der der Widerstände aus Metall vorzuziehen. Er kann Anwendung finden eben so gut zu Regulier- wie zu Heizzwecken.

Das dürfte genügen, um Ihnen, m. H., die Apparate, die ich nun versuchen werde, Ihnen vorzuführen, leichter verständlich zu machen.

Um das ganze System zu zeigen, brauchen wir sehr wenig. Ich habe hier in sehr wenig salonfähigem Äußeren eine Chamotteplatte, auf der zwei kleine Kohleelektroden an beiden Enden aufgelagert sind. Auf der Platte befindet sich zwischen den Elektroden eine Mischung von Kohle, Silikaten usw. lose aufgeschichtet und eine zweite Schicht, die durch Zufügung von Metall und Graphit leichter leitend gemacht worden ist. Wir nennen diese Mischungen „Kryptol“. Wir haben aus dem Grunde einen besonderen Namen für diesen Widerstandskörper geschaffen, weil er nur bei sorgsamer Mischung und Herstellung das von uns behauptete Resultat mit Sicherheit ergibt, und wir Wert darauf legen, dafs die Arbeitsweise nicht durch Verwendung einer ungeeignet komponierten Kohlenmischung gefährdet wird. Die Einführung des Kohlenwiderstandes unter einer bestimmten Marke gestattet eine derartige Masse mit der Sicherheit richtiger Funktion beziehen zu können. An und für sich bezieht sich der Schutz für unser Verfahren auch auf die Verwendung von Widerstandskörpern in bröckliger Form und loser Aufschichtung um den zu erhitzenden Gegenstand. Welchen leitenden Körper man nimmt, ist gleichgültig. Wir könnten auch Metallkörner nehmen, wir würden aber nicht den Effekt erzielen, den eine geeignete Mischung, wie ich sie eben angeführt habe, herbeiführt. Wir haben also wohl ein Recht auf Nachsicht, wenn wir die Masse so geheimnisvoll mit „Kryptol“ bezeichnen. Wir konnten sie auch weder be-

zeichnen als Graphit, noch als Kohle, noch als Kaborundum, noch als Silikat usw. und nahmen deshalb einen Phantasienamen.

Um die Heizplatte in Tätigkeit zu setzen, haben wir nichts weiter zu tun, als die Kryptolmassen zusammenzuschütten und den Strom hindurchzuschicken, wie es jetzt geschieht.

Wenn Sie die Güte haben wollten, sich näher herzubemühen, so würden Sie sehen, dafs eine Menge von kleinen Lichtbögen hier herüber und hinübergehen. Es entwickelt sich sehr rasch eine erhebliche Wärme. Die über die Masse gehaltene Hand spürt sofort die Wärme. Derselbe Strom, der durch die auf der einen Seite befindliche Masse durchgeht, geht auch durch, wenn wir die andere Masse zusammenbringen. Die Wärmeentwickelung wird aber hier, wie wir gleich sehen werden, bedeutend lebhafter.

Ein Topf, halb mit kaltem Wasser gefüllt, wird in etwa 10 Minuten kochen.

Wenn man die einfache Platte mit dem aufgeschütteten Kryptol sieht, so bietet sich für die Phantasie viel Spielraum.

Eine Dose Kryptol ersetzt dem Besitzer einer Starkstromleitung den Küchenherd.

Man kann sich die Gefühle einer Hausfrau beim Gebrauch dieser Zauberdose denken, deren sie sich leicht zu bedienen in der Lage ist und deren Inhalt sich noch nach jahrelangem Gebrauche hält.

Dafs eine solche Masse Vorzüge hat vor der Anwendung metallischer Widerstände, die sehr leicht durchbrennen können bei Stromschwankungen usw. und die auch nur in kostspieliger Art und Weise zu isolieren sind, ist unstreitbar.

Die größte Bedeutung des Kryptolverfahrens liegt aber anderswo und zwar in seiner Anwendung für die Industrie.

Leider bin ich nicht in der Lage, Ihnen hier im Hofmannshause einen solchen Ofen vorzuführen. In Charlottenburg befindet sich unsere Anlage, in welcher diejenigen Herren, die sich für das Verfahren interessieren, Muffel- und Tiegelöfen in industriellem Maßstabe sehen können, deren Anheizung höchstens eine halbe Stunde dauert, um in voller Glut vorgeführt zu werden. Das Verfahren ist derartig einfach, dafs wir jede Muffel und jeden Hafen mit ihm erhitzen können.

Man braucht zu diesem Zwecke nur so zu verfahren (wird angezeichnet), dafs man den Strom in geeigneter Weise durch das Kryptol leitet. Nehmen wir an, dafs wir hier eine Muffel haben, die wir auf einen isolierten Boden setzen, so brauchen wir nur neben der Muffel parallel dazu die Elektroden einzulegen. Wir setzen eine Isolierwand nach außen hin und schichten die Widerstandsmasse lose auf. Von den Elektroden aus macht der Strom den Weg um die Muffel herum und erhitzt sie auf die höchste Temperatur, die die Chamotte gestattet bezw. das feuerfeste Material, das wir verwenden.

Eine reichhaltige Anwendung ist auch für das folgende Verfahren gegeben. Das hier (Zeichnung) ist ein gewöhnlicher Tiegelofen. Da ist die Sache ebenso einfach. Wir umgeben den Tigel mit einem Elektrodenring oben und unten, setzen ihn in eine Kassette ein, füllen die Zwischenräume mit Kryptol und schicken den Strom in die

Ringe; da der Strom sich den bequemsten Weg sucht, so geht er an der Wand des Tiegels vorbei nach oben oder umgekehrt und man erhält die Erhitzung des Tiegels an der Stelle, wo man sie wünscht.

Für viele Fälle der Industrie ist der Röhrenofen von Wichtigkeit. Um den Röhrenofen oder Kanonenofen nach diesem unserem System geeignet zu erhitzen, können wir so verfahren: wir nehmen das Rohr, setzen an den beiden Seiten quer zum Rohre die Elektroden an, in der Form von Hufeisen, wie Sie es hier sehen, lagern das Rohr auf leitende Ringe und füllen den Raum mit der Kryptolheizmasse an. Der Strom geht dann an der Längswand des Rohres vorbei und bringt es bald in helle Glut.

Inzwischen kocht unser Wasser vollständig — wie sie sehen, in kurzer Zeit, und es wird Zeit, dafs wir unseren Ofen wieder auslöschen. Dies geschieht durch einfaches Wegschieben der Masse. Sie sehen, dafs die Masse hell glüht, ohne dafs sie verbrennt. Es verflüchtigen sich auch bei dieser Temperatur keine Kohlenoxyddämpfe. Bei Temperaturen, wie sie zum Metallschmelzen in Anwendung kommen, sind die sich entwickelnden Gase übrigens auch so unbedeutend, dafs keine Belästigung damit verbunden ist. Man wird auch nicht mit offenen Öfen arbeiten, sondern den Ofen so schliefsen, dafs die Zufuhr der Luft bezw. von Sauerstoff möglichst beschränkt ist, und eventl. für Abzug sorgen.

Sie sehen, dafs der Ofen sofort durch Trennen der Schicht ausgelöscht ist; die Wärme hält sich dagegen, da die Masse schlechter Wärmeleiter ist, aufserordentlich lange, und noch nach einer halben Stunde werden Sie merken können, dafs eine erhebliche Temperatur auf der Platte herrscht.

Diese zweite Platte hier ist für Laboratorien als Ersatz des Sandbades eingerichtet.

Bei einer dritten ist das Verfahren in einer für die Praxis mehr ausgebildeten Weise hergestellt. Es wird der Strom durch die beiden Elektroden eingeführt und zieht sich in Schlangenlinien durch den Apparat. Es ist also die Möglichkeit gegeben, die Spannung mehr auszunützen.

M. H., ich komme nun zu einem Ofen, der speziell die Herrn Chemiker, besonders interessieren wird.

Das ist der Verbrennungsofen nach dem Kryptolsystem.

Ich werde während der Zeit, dafs ich den Ofen einschalten lasse, mir gestatten, ihn Ihnen zu erläutern.

Es handelt sich um eine einfache Eisenrinne, das Ende ist durch Elektroden abgeschlossen.

Es liegt in der Mitte ein Glasrohr in der Masse eingebettet. Wenn wir den Strom durchschicken, brauchen wir etwa 15 Ampère zur Erhitzung. Ich habe keine Mefsinstrumente hier aufstellen können, weil ich in verhältnismäßig kurzer Zeit diese Vorführung für Sie zurecht gemacht habe; aber Sie können ermessen, dafs, wenn wir die sechs verschiedenen Apparate, wo uns nur 40 Ampère zur Verfügung stehen, eingeschaltet haben, der Stromverbrauch bei den einzelnen Apparaten unter 20 Ampère bei 220 Volt Spannung bleibt. Zwei Apparate sind stets gleichzeitig bei diesem Vortrage in Tätigkeit.

Um auf den Verbrennungs-Ofen zurückzukommen: er besteht aus einer einfachen Eisenrinne, ausgefüllt mit einer isolierenden Chamotte, in die, wie bemerkt, ein Glasrohr eingelagert ist. Wenn man eine Verbrennung bei Lagerung des Stoffes in der Mitte ausführen will, so gestatten zwei durch ein Kupferkabel verbundene Einsteckklemmen von den Seiten bezw. Enden anfangend jeden Teil des Glasrohres beliebig zu erhitzen, dabei kann man die Temperatur durch Zuschütten oder Abnehmen von Kryptol durch vermehrte oder verringerte Stromzufuhr regulieren. Der Strom nimmt seinen Weg von einer Elektrode bis zur Einsteckklammer, geht durch den Kupferdraht zur anderen Einsteckklammer und von dieser durch das Kryptol zur anderen Elektrode herunter. Wir haben dann eine Erhitzung an beiden Enden des Rohres, die außerordentlich rasch erfolgen kann, und können weitergehen und, wie bemerkt, jeden beliebigen Teil des Rohres erhitzen. Verbrennungen in diesem Ofen ausgeführt kosten nicht mehr, im Gegenteil stellen sich billiger, wie durch viele Versuche nachgewiesen ist, als wenn man die Verbrennung im üblichen Gasofen ausführt.

Der Verbrennungsofen ist jetzt eingeschaltet und Sie werden sehen, dafs wir sehr bald das Rohr zum Erhitzen bringen.

Inzwischen gestatten Sie, dafs ich die anderen Apparate weiter erläutere. Hier haben Sie einen Kochapparat, um Reagenziengläschen zu erwärmen.

Es sind kleine Porzellanbecher eingesetzt, in welchen die Reagenzgläschen ruhen. Die ganze Rinne ist angefüllt mit der Kryptolheizmasse. Es gestattet auch dieser Apparat ein sehr bequemes Arbeiten.

Ein weiterer Apparat ist der Röhrenofen. Das System des Kryptolröhrenofens oder Kanonenofens haben Sie schon an der Tafel gesehen. Es besteht darin, dafs ein Porzellanrohr, und zwar ein Marquardtsches, eingelagert ist in hufeisenförmigen Elektroden, von Kryptol umgeben. Bei diesem Ofen ist es gestattet, auf eine Temperatur zu gehen, wie sie das Marquardtsche Rohr verträgt. Ich habe hier ein solches Rohr, welches in diesem Röhrenofen gewesen und schliefslich zusammengeschmolzen ist. (Wird herumgegeben.) Sie wissen, dafs die Marquardtsche Masse außerordentlich feuerbeständig ist. Ich bitte Sie aber, sich dieses Rohr anzusehen, um ermessen zu können, welche hohe Temperatur erreicht wird. Es ist das zwar an und für sich nicht zweifelhaft, da es sich um eine Kombination von Lichtbögen und Widerstandsheizung handelt. Wir können danach Temperaturen erzielen wie die des Lichtbogens, also: Temperaturen von 3000 und mehr Grad Celsius, während wir auf der andern Seite die Annehmlichkeit des Widerstandsofens haben, sodafs wir auch niedrige und mittlere Temperaturen wie z. B. zum Heizen von Wohnräumen usw. ohne weiteres erzielen können.

Ein Muffelofen in kleinerem Maßstabe ist der weiter hier aufgestellte Apparat. Wir können ihn nach Einschaltung in sehr kurzer Zeit in helle Glut bringen. Leider läfst sich der Ofen infolge der zu schwachen Sicherung der Leitung in diesem Gebäude nicht vorführen.

Inzwischen sind die Reagenzgläser bereits ins Sieden gekommen, auch ist das Verbrennungsrohr an den beiden Enden bereits glühend. Die Masse verbreitet, wie gesagt, nur bei höherer Temperatur Kohlenoxydgase, aber nur unbedeutend.

Digitized by Google

Während die Apparate ausgeschaltet werden, gestatten Sie wohl, dafs ich Sie auf einzelne Anwendungsarten des Verfahrens für verschiedene Branchen aufmerksam mache. Ich habe hier einen kleinen Apparat, der nicht angeschlossen ist. Er ist praktisch in jeder Industrie und dient zur Erwärmung von Lötkolben. Er ist speziell angefertigt auf Wunsch der Gablonzer Glasindustrie, wo man mit kleinen Lötkolben arbeitet, über billige Elektrizität verfügt und schon jetzt sehr viel mit elektrischen Heizern und zwar mit Platinaapparaten arbeitet. Der Lötapparat ist einfach konstruiert. Er besteht aus einer Muffel, die vertikal aufgestellt ist, mit einem Deckel versehen, in dessen Öffnung vier Lötkolben eingelegt werden können.

Eine andere Anwendung des Verfahrens und zwar für die Grofsindustrie ist uns in letzter Zeit vorgeschlagen worden. Es handelt sich um die Vermeidung der Lunker beim Gießen der Stahlblöcke. Es bildet sich bekanntlich beim Gießen der großen Stahlblöcke an der oberen Partie stets eine Vertiefung, ein sogenannter Lunker. Man hat jetzt nach einem Verfahren von Direktor Riemer bei Haniel & Lueg zu Düsseldorf auf die Form einen Aufsatz aufgesetzt, in welchen man heiße Gase einführt. Es sollen nun Versuche gemacht werden, die beiden Seitenwände zu erhitzen mittels einer eingelagerten Schicht von Kryptol-Widerstandsmasse, um auf diese Art und Weise die Erwärmung des Kopfes des Blockes so hoch zu halten, dafs diese Vertiefung sich nicht bildet, sodafs dadurch ein erheblicher Gewinn erzielt würde, da der Verlust, den man häufig bei den Stahlblöcken erleidet, sehr erheblich ist, und anderseits der Preis der Elektrizität, die durch Ausnutzung der Hochofengase gewonnen wird, gering ist.

M. H., eine weitere Anwendung des Verfahrens, die eigentlich auf einem andern Gebiete liegt, gestattet der Apparat, den Sie hier sehen, der sogenannte Kryptolregulator. Dieser Widerstand und Regulator ist gleichfalls aufgebaut unter Verwendung der losen bröckligen Widerstandsmasse: ein einfacher Kamin, innen ausgefüllt mit Kryptol, in welches von oben ein Kohlenstab als eine Elektrode, von unten eine Kohlenplatte als zweite hineinragt. Von dem oberen Kohlenstab z. B. gelangt der Strom in die Widerstandsmasse und wird von dieser zur unteren Kohlenplatte geführt, wo er austritt. Wenn wir mit mehr Strom arbeiten wollen, so öffnen wir an der Seite die Klappe und nehmen etwas Kryptolmasse heraus. Durch die eigne Schwere sinkt der Kohlenblock nach und stellt den Kontakt wieder her. Um dagegen weniger Strom zu erhalten, füllen wir oben mehr Kryptol an und ziehen den Kohlenblock in die Höhe. Man kann auf diese Weise fast von Ampère zu Ampère bei sehr starkem Strom regulieren. Es hat das dort große Vorzüge, wo es sich um starken Strom und um die Anwendung von elektrischen Öfen handelt. Man hat in solchem Falle bis jetzt meist den Wasserwiderstand angewendet; er bietet aber eine Reihe Unbequemlichkeiten, insbesondere wenn Gleichstrom zur Anwendung kommt.

Herr Prof. Dr. W. Wedding: Dieser Widerstandsapparat scheint mir unökonomisch zu sein. Er hat dieselben Mängel wie die meisten elektrischen Widerstandsregulatoren, mit denen man sonst Stromstärken zu regulieren pflegt. Durch den vorgeführten Apparat wird die Energie, die zu viel vorhanden ist, abgedrosselt. Sind

nicht Versuche gemacht worden, die Stärke des Stromes in der Weise einzustellen, dafs man die Kryptolmasse mehr oder weniger zusammenpreſst? Dann wird die Netzspannung zwischen den Klemmen des Ofens voll ausgenutzt, und zwar wird der Strom um so stärker, je mehr die Masse gepreſst wird.

Herr Dr. A. Voelker: Sehr richtig! Wir haben dies auch ausprobiert und entsprechende Apparate gebaut. Aber wenn wir das machen, dann verliert der Widerstand viel von seiner Annehmlichkeit und Bequemlichkeit. Gerade dadurch, dafs wir uns der lose aufgeschichteten Masse durch Auffüllen und Wegnehmen zur Regulierung bedienen, haben wir die bequeme Handhabung bei diesem Widerstande.

In unserer Vorführungsstätte, die mit etwa 12 Öfen ausgestattet ist, machen wir auch in der Weise von der Regulierung durch Kryptol Gebrauch, dafs wir die einzelnen Öfen selbst als Widerstand benutzen. Auch im Laboratorium wird man in dem Falle, dafs man eine derartige Heizplatte benutzt, mit dieser Platte selbst als Widerstand arbeiten können.

Beim Arbeiten mit größeren elektrischen Öfen ist der Kryptolwiderstand sehr zweckmäßig. Wir haben große Öfen nach Kryptolsystem im Betrieb mit Muffeln von 40 cm Durchmesser und 60 cm Tiefe. Ebenso haben wir Tiegelöfen von 60 cm Höhe und 50 cm Durchmesser nach diesem System erhitzt. Gerade bei diesen Arbeiten, wo große Strommengen zur Verwendung kamen, zeigt sich der erwähnte Regulator, der so aufgebaut wurde, dafs man einen kleinen Kamin von Chamottesteinen errichtet, an dessen Fufs- und Kopfende die beiden Elektroden angebracht wurden, sehr zweckmäßig.

Ich hoffe, m. H., Ihnen damit eine kurze Übersicht über das Kryptolsystem und einige wesentliche Anwendungsarten desselben gegeben zu haben.

Vorsitzender Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: Ich danke Herrn Dr. Voelker für seine interessanten Vorführungen mit dem Wunsche, dafs diese Öfen sich in der Praxis gut bewähren und weite Verbreitung finden mögen. Ich schliefse die Sitzung, bitte Sie aber, nun näher heranzutreten, um die ausgestellten Öfen zu besichtigen.

Digitized by Google

Nachtrag zum Bericht über die Sitzung vom 11. April 1904

Technische Tagesordnung.

Der heutige Stand der Dampfturbinenfrage.

Herr Marinebaumeister Grauert: M. H.! Von Alters her hat man versucht, den Dampf in derselben Weise zum Antrieb von Kraftmaschinen zu benutzen, wie man es von seinem Element, dem Wasser, kannte. Das Bestreben war darauf gerichtet, ähnlich wie man ein Wasserrad besafs, ein Dampfrad, eine Dampfturbine zu konstruieren. Die älteste geschichtliche Kunde von einer solchen Maschine stammt schon aus der Zeit Heros von Alexandrien (120 v. Chr.).

Fig. 1 zeigt eine Darstellung dieser etwas primitiven Maschine, die nach der Art des Segnerschen Wasserrads gedacht ist. Unten ist der Kessel mit dampfdichtem Deckel. Von diesem zweigen sich zwei hohle Arme ab. Der eine dient nur zur Lagerung der Kugel, durch den anderen strömt gleichzeitig der Dampf in die Kugel ein. Aus dieser entweicht durch die kurzen gebogenen Röhrchen der Dampf tangential ins Freie und setzt durch die Reaktion die Kugel in Drehung. Es ist nicht genau erwiesen, ob es sich hier um eine interessante Spielerei handelt, oder ob die Maschine bereits Verwendung gefunden hat. Es ist aber möglich, dafs die griechischen Priester sich dieses Apparats bedienten, um verschiedene Einrichtungen in ihren Tempeln in Bewegung zu setzen.

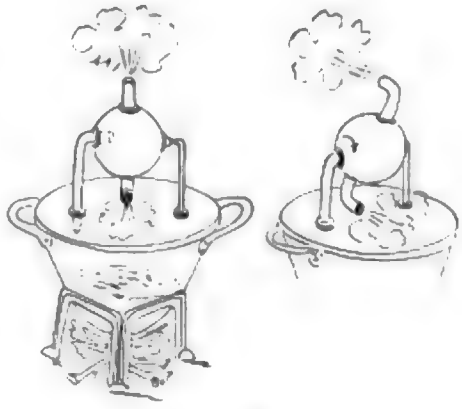


Fig. 1.

Die nächste in der Geschichte erwähnte Dampfturbine ist die von Branca, 1629. Der Dampfstrahl setzt ein Schaufelrad in Bewegung; es ist also der Urtypus der de Laval-Turbine. Praktische Bedeutung hat der Apparat nicht erlangt.

Einen der ersten praktischen Vorschläge stellt das Reaktionsrad von James Sadler (1791) dar. Dann folgte die Turbine von Real und Pichon vom Jahre 1827, die wohl als Vorläufer der vielstufigen Druckturbine zu betrachten ist, und 1853 eine

Digitized by Google

Überdruckturbine, die ihr Erfinder, Tournaire, bereits mit großer Klarheit und Ausführlichkeit beschreibt. Die Ausführung praktisch brauchbarer Turbinen war jedoch erst 30 Jahre später Parsons und de Laval vorbehalten.

Diese wenigen Daten möchte ich anführen zum Beweise des fortgesetzten Suchens nach einer geeigneten Dampfturbine. Dieses Streben hat seinen durchaus natürlichen Grund in dem zuerst vielleicht unbewufsten Empfinden, später in dem technisch begründeten Gedankengange, dafs die rotierende Bewegung im Maschinenbau am meisten vorkommt — Ausnahmen gibt es nur wenige, wie z. B. die langsamlaufenden Pumpen und Pressen — und dafs es eigentlich widersinnig ist, hier zuerst eine gradlinige Bewegung zu erzeugen. Um diese Methode festzuhalten, hat es großen Aufwandes von Scharfsinn seitens der Technik bedurft. Es kamen immer neue Glieder hinzu, die Steuerung mufste weiter vervollkommnet und die Maschine immer komplizierter gestaltet werden, sodafs wir schliefslich auf einem Standpunkt angelangt waren, bei dem wir sagen konnten, es ist eigentlich an der Kolbendampfmaschine nicht mehr viel zu verbessern. Es ist gewifs ein eigenartiges Zusammentreffen, dafs gerade in dem Augenblick, wo die Kolbendampfmaschine auf der Höhe ihrer Entwicklung angelangt ist, wo sie ein Wunderwerk menschlichen Könnens und Wissens verkörpert, sie einer Maschine weichen mufs, die in ihrem ganzen Aufbau bedeutend einfacher ist und die bestimmt ist, das, was seit Anbeginn der Technik gesucht wurde, zu verwirklichen.

Man könnte nun fragen: ist der jetzige Aufschwung der Dampfturbine plötzlich gekommen? Diese Frage ist wohl mit „Nein“ zu beantworten. Parsons, der bereits seit 1884 an seiner Dampfturbine arbeitete, war schon 1888 zu einer Turbine gelangt, mit der er eine Gleichstrom-Dynamomaschine direkt kuppeln konnte. Auch de Laval hat seit Ende der achtziger Jahre eine Turbine hergestellt, die zwar die Mängel aufwies, die wir bei ihrer näheren Besprechung kennen lernen werden, die aber doch als technisch brauchbar gelten konnte. Es ist daher eigentlich wunderbar, dafs eine so lange Zeit vergangen ist, ohne dafs diese Turbinen allgemeinere Anerkennung und Beachtung in der technischen Welt und vor allem in der Industrie fanden. Man kann sich diese Erscheinung vielleicht nur dadurch erklären, dafs die neue Maschine in der Reihe der Dampfmaschinenfabrikanten selbst auf einen gewissen passiven Widerstand stieß. Denn eine solche Umwälzung, wie wir sie in der Fabrikation der Dampfmaschinen voraussichtlich demnächst durchmachen werden, verlangt große Opfer an Kapital, manche Umänderung der Betriebseinrichtungen und ein vollständiges Umlernen der Konstrukteure.

Den Anstoß, dafs die Turbinenfrage in Deutschland kräftiger ventiliert wurde, gab wohl die Beschaffung von zwei Turbinen für die städtische Zentrale in Elberfeld, die 1898 erfolgte. Es waren zwei Turbinen mit Wechselstrommaschinen gekuppelt, zu je 1000 Kilowatt Leistung. Nicht ohne Einflufs war vielleicht auch das Vorgehen der Marineverwaltung in der Frage des Turbinenantriebs, indem ein Torpedoboot mit Parsons-Turbinen von 6000 Pferdestärken Leistung und ein kleiner Kreuzer mit den gleichen Turbinen von etwa 10 000 Pferdestärken Leistung in Auftrag gegeben wurde; ferner eine Beschaffung der Kaiserlichen Werft in Kiel, die für ihre Zentrale eine Parsons-Turbine von 400 Kilowatt bestellte, und weiter das Vorgehen der Werft in

Wilhelmshaven, die ihre neue Werftzentrale mit Parsons-Turbinen in einer Gesamtleistung von 3000 Pferdekräften ausstattet.

Dies Vorgehen einzelner Gruppen lenkte allmählich doch die Aufmerksamkeit auf die neue Maschine; ebenso half die mehr und mehr sich bahnbrechende Erkenntnis, dafs an Stelle der komplizierten Kolbenmaschine etwas Neues mit der Zeit gesetzt werden müsse, die Wege für die neue Maschinenart ebnen.

Was bereits in der Turbinenfrage erreicht ist, zeigen vielleicht folgende Zahlen. In Preußen waren nach einer in der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure" — Heft 3 von 1903 — veröffentlichten Statistik Ende 1902 Dampfmaschinen mit einer Gesamtleistung von 573 000 Pferdestärken zum alleinigen oder teilweisen Antrieb von Elektrizitätserzeugern im Betrieb. Die Parsons-Turbinen, die teils in England von der Parsons-Gesellschaft, teils in Mannheim und Baden-Schweiz von der Firma Brown, Boveri & Co. hergestellt werden, sind jetzt etwa in 650 000 Pferdestärken bereits in Auftrag oder ausgeführt. Von diesen entfallen etwa 125 000 auf die Gesellschaft Brown-Boveri. Das sind Zahlen, die vielleicht besser als alle anderen Beweise dafür sprechen, dafs wir es hier nicht mit einem Versuch, sondern mit einer praktisch eingeführten und brauchbaren Maschine zu tun haben.

Dieser beispiellose Erfolg der Parsons-Turbinen zeitigte eine Reihe von Nachahmern. Bei der heutigen Besprechung des gegenwärtigen Standes der Turbinenfrage würde es zu weit führen, wenn ich aller dieser Bestrebungen gedenken wollte. Ich mufs mich daher auf die Systeme beschränken, die bereits eine praktische Bedeutung erlangt haben oder doch im Begriffe stehen, eine solche zu erlangen. Neben der Parsons-Turbine werde ich daher hauptsächlich die aus der Riedler-Stumpf-Turbine und Curtis-Turbine hervorgegangene Turbine der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und die Zoelly-Turbine, die, wie wohl bekannt — von dem Konsortium Siemens-Schuckert-Krupp-Norddeutscher Lloyd usw. zur Fabrikation angenommen ist, besprechen.

Allen Turbinen gemeinsam ist das Prinzip, dafs sie nicht, wie die Kolbenmaschine, das Druckgefälle des gespannten Dampfes, sondern die Strömungsenergie ausnutzen. Das kann auf zwei verschiedene Arten geschehen: einmal durch den Gegendruck des strömenden Strahls, durch die Reaktion, oder durch die Druckwirkung des Strahls selbst, durch die Aktion. Die zuerst genannte Art ist praktisch nicht gut brauchbar, weil sie zu viel zu hohen Umfangsgeschwindigkeiten führt, da zu einer wirklich ökonomischen Ausnutzung des Dampfes erforderlich ist, dafs der Dampfstrahl das Rad mit der Geschwindigkeit Null verläfst. Die zweite Methode ist deshalb schon eher geeignet, eine Turbine zu treiben, weil es für die wirtschaftliche Ausnutzung des Dampfes genügt, wenn die Umfangsgeschwindigkeit gleich der halben Dampfgeschwindigkeit gemacht wird.

Die einfachste Form einer Aktionsturbine stellt die de Laval-Turbine dar. Das schematische Bild (Fig. 2) dürfte das Prinzip der Turbine kennzeichnen. Aus den Düsen, in welchen die Spannung des Dampfes in Strömungsenergie umgesetzt wird, trifft der Dampfstrahl das Rad seitlich bei nur teilweiser Beaufschlagung, leistet Arbeit und strömt nach der anderen Seite wieder ab.

Die einzeln gefrästen Schaufeln sind in den Radkranz eingesetzt. Durch Vorsprünge an ihrem äußeren Rand bilden sie zwecks Verringerung des Ventilationswiderstandes einen geschlossenen Ring. (Fig. 3.) Bei den 20 000—30 000 Umdrehungen, mit denen diese Maschine lief, war es naturgemäß außerordentlich schwierig, das so konstruierte Rad richtig auszubalancieren. In einem nicht genügend ausbalancierten Rade würde aber bei der hohen Umlaufzahl die gewaltige Fliehkraftwirkung zu einem Bruch der Welle führen, wenn die Welle starr ausgeführt wäre. Laval hat daher den Weg beschritten, eine dünne elastische Welle zu nehmen, die sich selbsttätig auf die jeweilige Schwerpunktslage des Rades einstellt. (Fig. 3a.)

Ein anderer Mangel, den diese hohe Tourenzahl hat, besteht darin, dafs man sie nicht direkt zum Antrieb irgend welcher Arbeitsmaschinen verwerten kann. Selbst die Maschinen, die eine ziemlich hohe Tourenzahl vertragen, die Elektrizitätserzeuger, können für derartige Umdrehungszahlen nicht gebaut werden. Laval war daher darauf angewiesen, eine Übersetzung zu verwenden, und zwar wählte er eine Zahnradübersetzung. (Fig. 4.) Um die Beanspruchung derselben möglichst gering zu halten, formte er die Räder als breite Walzen, in welche er schräge Winkelzähne von geringer Tiefe einschnitt. Die Schräge diente gleichzeitig dazu, den durch die seitliche Beaufschlagung des Rades entstehenden Axialschub aufzunehmen. Abgesehen von der Raumbeanspruchung und den hohen Kosten sind solche Übersetzungen auch bei musterhafter Ausführung für größere Leistungen nicht brauchbar. Laval ist daher auch bei etwa 300 Pferdestärken stehen geblieben.

Den Gedanken der Laval-Turbine haben vor einiger Zeit Professor Stumpf und Geheimrat Prof. Riedler aufgenommen und auf einem anderen Wege versucht, die hohen Umdrehungszahlen zu vermindern. Unter Beibehaltung einer Umfangsgeschwindigkeit gleich ungefähr der halben Dampfgewindigkeit wurde der Durchmesser des Rades, der bei Laval nur 300—500 mm betrug, auf 2—3 m vergrößert. Dies war nur möglich durch Verwendung eines außerordentlich guten Materials, eines vorzüglichen Nickelstahls von hoher Gleichmäßigkeit des Gefüges, der eine genaue Berechnung und Beherrschung aller dynamischen Wirkungen ermöglichte. Der achsiale Schub wurde durch radiale Beaufschlagung aufgehoben, die Schaufeln wurden nicht wie früher eingesetzt sondern eingefräst. Das so geformte Rad konnte bedeutend besser als das alte Lavalrad — angeblich bis auf $^1/_{100}$ mm — ausbalanciert werden, so dafs es den Konstrukteuren unbedenklich schien, dasselbe mit 1500—3000 Umdrehungen, also ungefähr 300—400 m Umfangsgeschwindigkeit laufen zu lassen.

In Fig. 5 ist ein solches Rad dargestellt. Man sieht deutlich die eingefrästen Schaufeln.

Fig. 6 zeigt die Herstellung und Form der Düsen. Sie werden aus einem Nickelstahlrohr durch Abdrehen und Ausbohren zunächst zylindrisch hergestellt. Hierbei entspricht das Verhältnis zwischen kleinstem und größtem Querschnitt der beabsichtigten Expansion. Dann wird der zylindrische Ausflufsteil durch Ziehen quadratisch oder rechteckig geformt und schräg abgeschnitten. Schliefslich wird die Düse in dem Ausflufsteil innen poliert, um dem ausströmenden Dampf einen möglichst geringen Widerstand zu bieten.

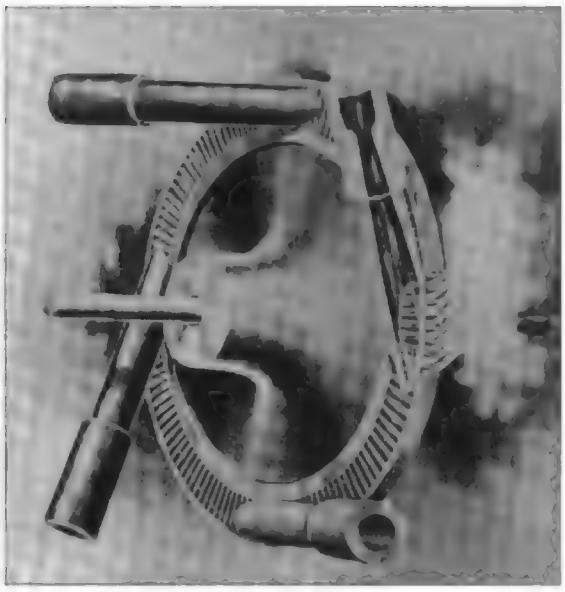


Fig. 2.

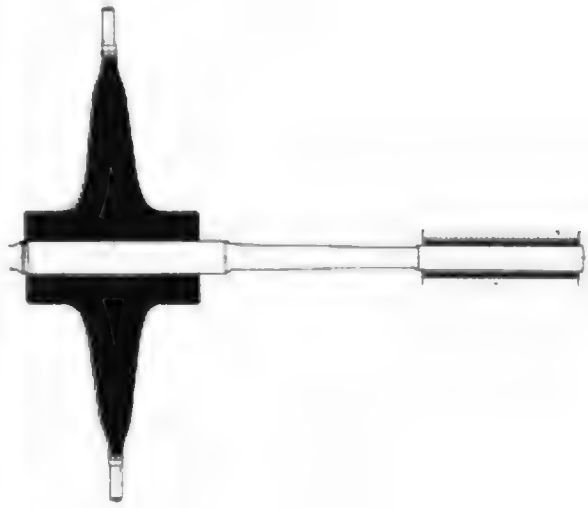


Fig 3a.

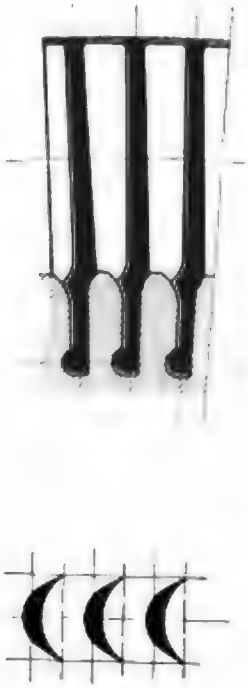


Fig. 3.

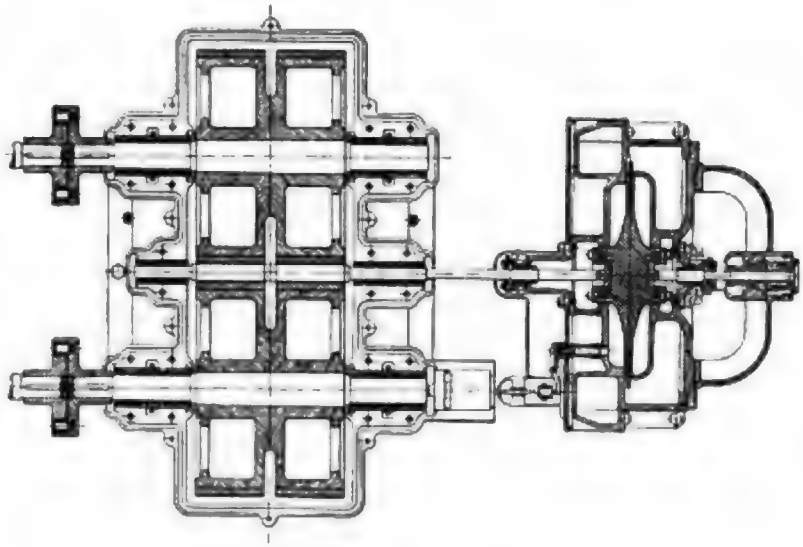


Fig. 4.

Digitized by Google

Der in Fig. 7 dargestellte sogenannte Düsenring zeigt die eingesetzten Düsen. Es ist dies ein Teil einer Maschine von größerer Leistung, bei welcher der

Fig. 5.

Fig. 7.

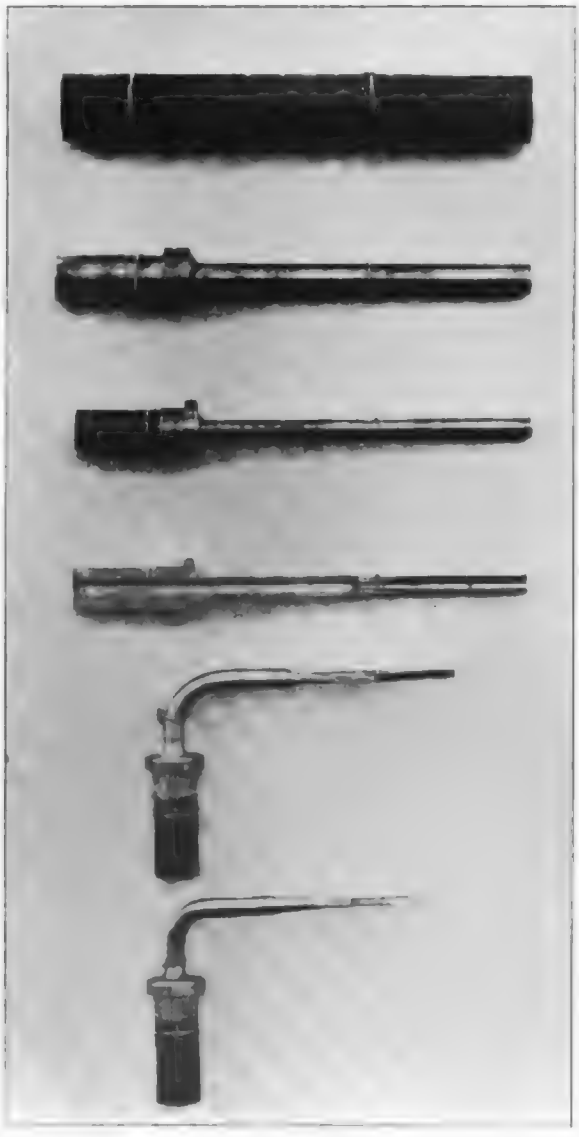


Fig. 6.

ganze Umfang des Rades beaufschlagt ist. Bei den neueren Ausführungen werden die Düsen nicht in diesen ringförmigen Teil des Turbinengehäuses, sondern in den Deckel eingesetzt, der die Turbine anschließt. Entsprechend der ersteren Anordnung, zeigt die

Digitized by Google

geöffnete Turbine in Fig. 8 das Rad umgeben von den Düsen, Fig. 9 dagegen entsprechend der neueren Anordnung das Rad frei im Turbinengehäuse. Die neuere Anordnung hat den Vorteil einer einfachen Dampfzuführung zu den Düsen.

Fig. 8.

Aus Fig. 10 ist die Dampfzuführung ersichtlich. Aus einer Dampfkammer verzweigen sich die Rohre zu den einzelnen Düsen. Bei der alten Anordnung mufste nun die Dichtung zwischen Deckel und Gehäuseflansch auch in den Dampfzuführungen bewirkt werden. Wegen der Schwierigkeit dieser Dichtung ist man dazu übergegangen, jetzt die Düsen innen an den Deckel anzusetzen.

Fig. 11 zeigt einen Schnitt durch die mit einem Gleichstromerzeuger verbundene Turbine. Das Gestänge, das unter der Turbine hindurchgeht, verbindet den Regulator, welcher auf der Welle der Dynamo sitzt, mit dem Einströmungsapparat.

Wenngleich die Fliehkraft eine außerordentlich günstige, gleichmäßige und stoßfreie Belastung des Rades darstellt, so würde doch bei Rädern von so großem Durchmesser selbst eine fünffache Bruchsicherheit, wie sie von den Konstrukteuren angenommen wurde, nicht genügen, sobald man mit der Möglichkeit eines Durchgehens des

Fig. 9.

Rades rechnet, gegen das auch der beste Regulator, da er dem Versagen ausgesetzt ist, nicht schützt. Denn da die Umfangsgeschwindigkeit meistens weniger als die Hälfte der Dampfgeschwindigkeit beträgt, so kann die Umlaufszahl sich im Falle des Durchgehens der Maschine auf etwa das Doppelte erhöhen. Und die Fliehkraft wächst im Quadrate der Geschwindigkeit.

Die Gefahr, die in der Verwendung so großer Räder liegt, führte daher auch die Erbauer der Riedler-Stumpf-Turbine dazu, durch andere Mittel die Umlaufszahl der Turbine herabzusetzen. Es zwang sie dazu wohl auch die Erwägung, dafs sich mit hohen Umlaufszahlen bei großen Maschineneinheiten von mehreren Tausend Pferdestärken für den Antrieb von Gleichstromdynamos und Schiffsmaschinen nichts anfangen läfst. Es gibt verschiedene Mittel, um eine Verminderung der Umlaufszahl zu

erreichen: erstens die Geschwindigkeitsabstufung, zweitens die Druckabstufung und drittens die gleichzeitige Druck- und Geschwindigkeitsabstufung.

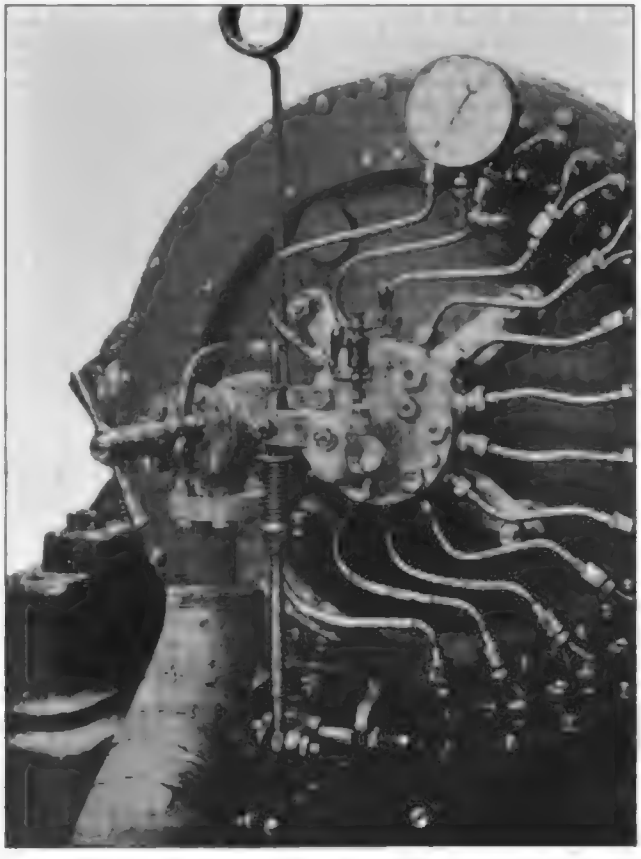


Fig. 10.

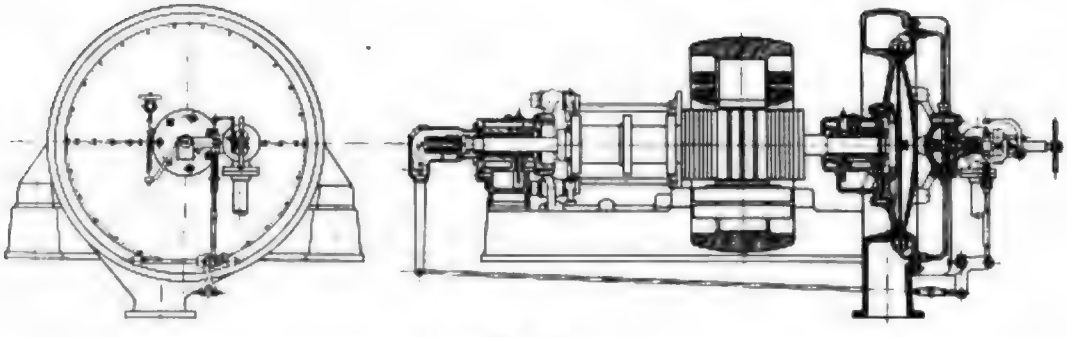


Fig. 11.

Man kann die Geschwindigkeitsabstufung entweder durch Umkehrapparate bewirken, wie sie bei der von der A.E.G. hergestellten Turbine verwendet werden, oder man kann dazu sogenannte Leiträder benutzen.

Digitized by Google

Fig. 12—14 stellen die erstere Methode dar. Bei dem Rad mit einfachem Schaufelkranz fängt der U-förmige Umkehrapparat, der sich schraubenförmig um die Düse lagert, den abgehenden Dampf mit seinem kürzeren Schenkel auf und leitet ihn durch den längeren wieder auf das Rad.

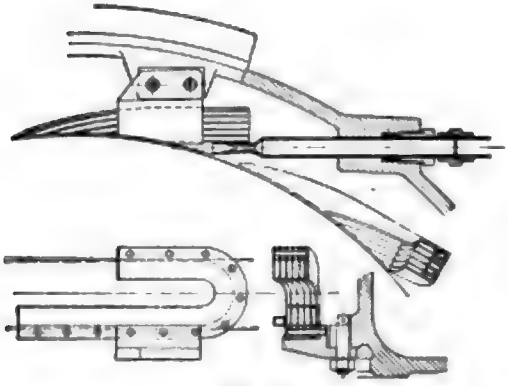


Fig. 12.

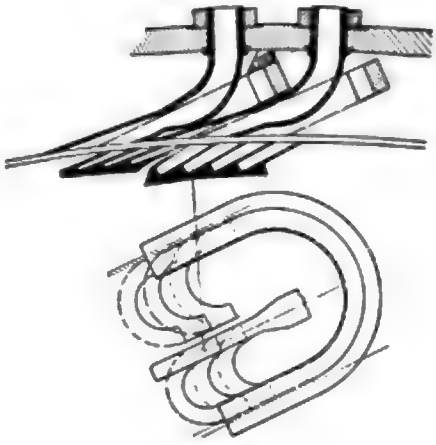


Fig. 14.

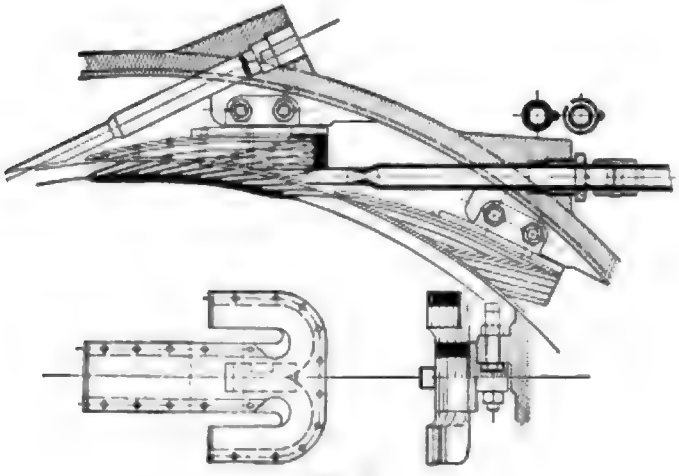


Fig. 13.

Für das Doppelrad, bei welchem die Doppeltaschen des Rades in der Mitte des Rades durch die Düsen beaufschlagt werden, ist der Umkehrapparat dementsprechend T-förmig gestaltet. Bei dem Doppelrade in Fig. 14 wird der Frischdampf nur dem einen Schaufelkranz zugeführt und erst durch den Umkehrapparat auf den anderen geleitet. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, die beiden Schaufelkränze mit ungleichen Schaufelwinkeln, wie sie den verschiedenen Dampfgeschwindigkeiten entsprechen, auszuführen. Fig. 15 bietet eine photographische Aufnahme dieser letzten Anord-

Digitized by Google

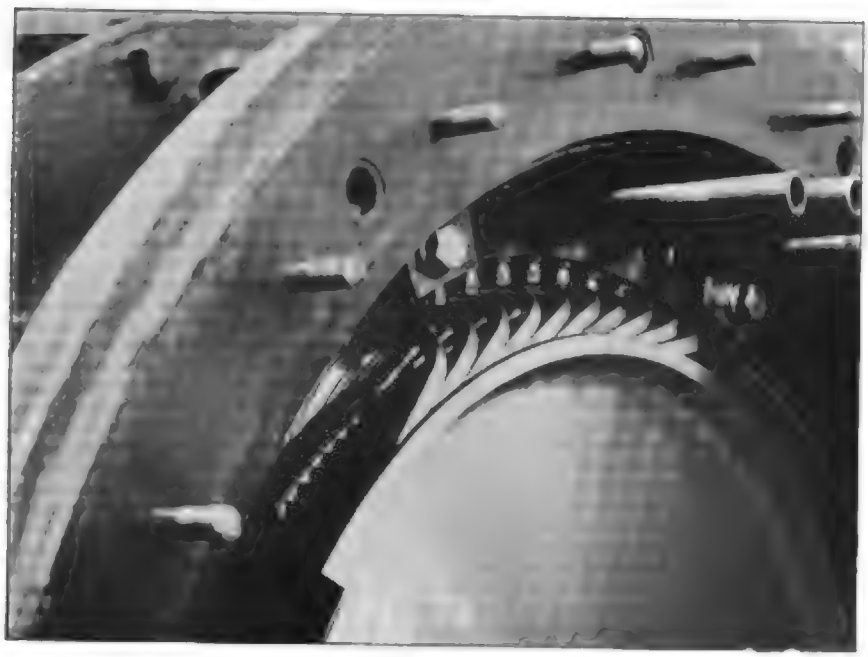


Fig. 15.

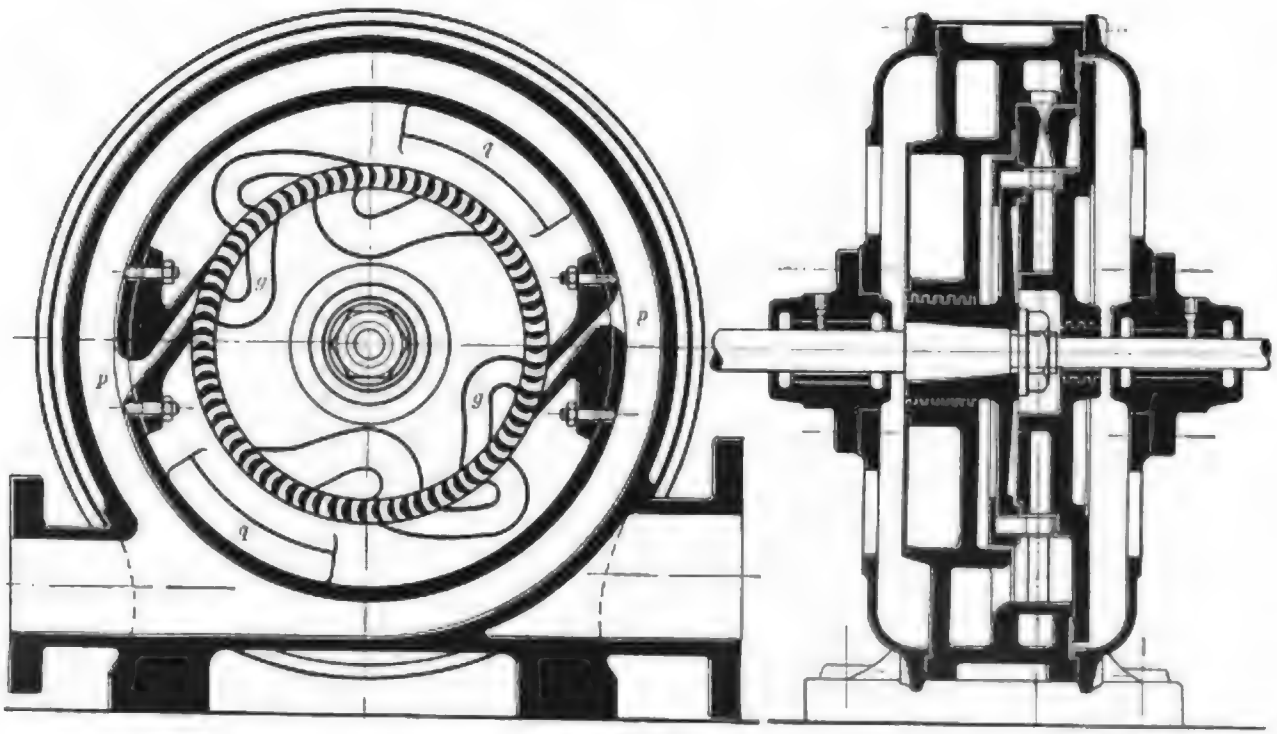


Fig. 16.

Digitized by Google

nung, welche die Zusammenschachtelung von Düsen und Umkehrapparaten anschaulicher macht.

Eine andere Art der Geschwindigkeitsabstufung benutzt die Elektradampfturbine, die von der Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe hergestellt wird (Fig. 16). Hier ist folgender Weg gewählt. Es sind gewissermaßen zwei Leiträder angewendet, zwischen denen ein Laufrad umläuft. Das Laufrad ragt mit den Schaufeln zwischen die beiden Leiträder hinein. Mittels zweier Düsen wird dem Laufrad an zwei gegenüberliegenden Wellen Frischdampf zugeführt. Der Dampf strömt durch das Laufrad in eine gegenüberliegende Düse, trifft das Laufrad wiederum und so fort, bis der Dampf nach viermaligem Durchströmen des Laufrades in den Abdampfkanal entweicht.

Diese Anordnung hat verschiedene Vorteile vor der vorhin beschriebenen. Sie ist einfacher und bietet eine fortgesetzte Führung des Dampfes in der Ebene des Rades mit nur geringem Richtungswechsel.

Wieweit sie den Dampfverbrauch günstig beeinflussen wird, läfst sich z. Z. noch nicht übersehen. Die Dampfverbrauchszahlen, die die Firma mitteilt, beziehen sich nur auf Größen bis zu etwa 100 Pferdestärken. Sie sind ebenso günstig wie die bisher von gleich großen A.E.G.- und Parsons-Turbinen erreichten, etwa 15—16 kg pro Kilowattstunde.

Eine andere Art der Geschwindigkeitsabstufung kann dadurch erreicht werden, dafs man den Dampf nicht durch Umkehrapparate oder durch solche Leiträder leitet, die in der Radebene liegen, sondern indem man den Dampf von einem Rad durch einen dazwischen liegenden Leitradkranz auf ein zweites Rad leitet. Dies Verfahren bedingt eine größere Ausdehnung in der Längsachse und ist daher für kleinere Maschinen mit einer Druckstufe nicht angewendet; wir werden es bei größeren Maschinen mit mehreren Druck- und Geschwindigkeitsstufen kennen lernen.

Die Druckabstufung, die ich als zweite Methode zur Herabsetzung der Umlaufszahlen erwähnte, wird auch in zwei verschiedenen Arten ausgeführt, durch Düsen und durch Leiträder. Die erstere Anordnung hat die A.E.G. gewählt. Die Umsetzung der Dampfspannung in Strömungsenergie erfolgt hier nicht, wie bei den vorhergehenden Turbinen geschildert, in einer Düsengruppe, sondern ist auf mehrere entsprechend der Zahl der Druckstufen — etwa 4 — verteilt. Der Dampf wird in allen Druckstufen durch Düsen auf das Rad geleitet. Nach seinem Austritt sammelt er sich in der Kammer und strömt durch ein neues Düsensystem auf das Rad der nächsten Kammer. Da diese Art der Druckabstufung sich meistens in Vereinigung mit Geschwindigkeitsabstufung findet, ist eine derartige Turbine dort besprochen und in Fig. 21 dargestellt.

Man kann aber diese Druckabstufung auch — wie bereits erwähnt — auf andere Weise ausführen, indem man den Dampf nicht in den Kammern sammelt und wieder durch Düsen auf das neue Rad leitet, sondern indem man den Dampfstrom geschlossen durch ein Leitrad in die nächste Kammer führt.

Es ist dies die Anordnung, wie sie bei der Dampfturbine System Zoelly und der ihr sehr ähnlichen Rateau-Turbine verwendet wird und wie sie für erstere aus Fig. 17 und 18 ersichtlich ist. Die Turbine ist in zwei verschiedene Teile, eine Hoch-

Digitized by Google

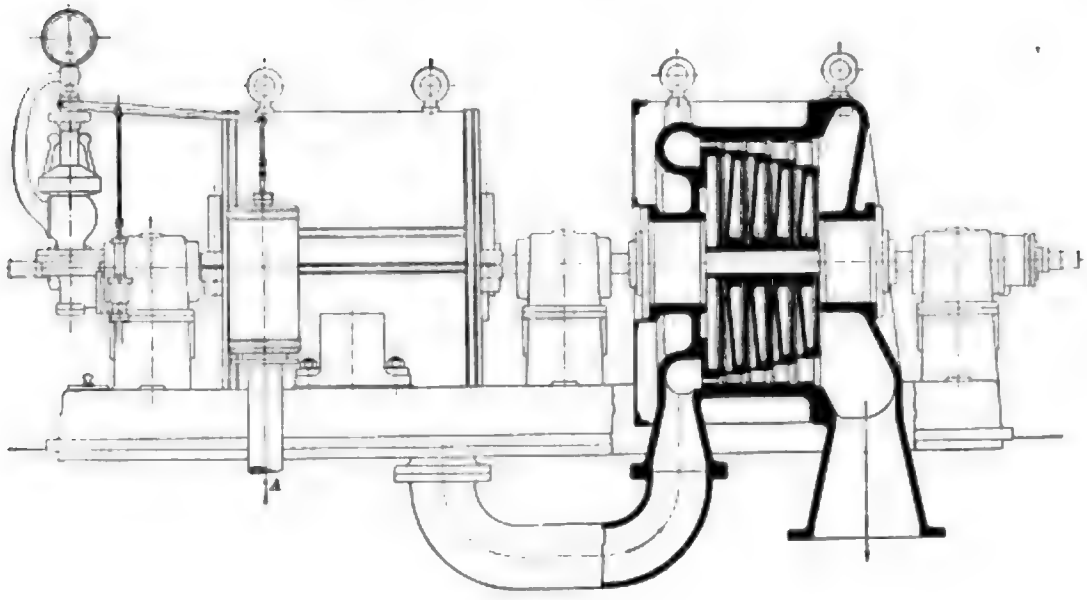


Fig. 17.

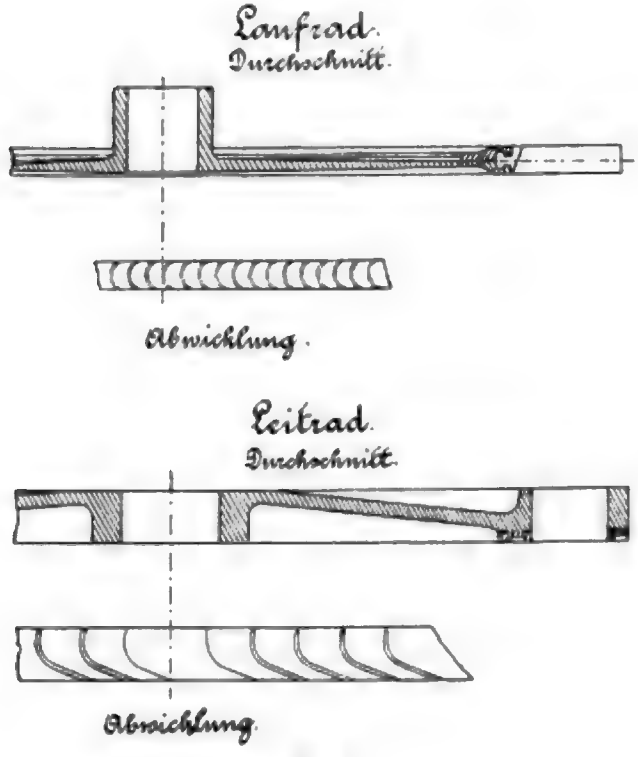


Fig. 18.

Digitized by Google

druck- und eine Niederdruckturbine, zerlegt, wahrscheinlich um der Welle eine bessere Unterstützung zuteil werden zu lassen. Jeder der Teile zerfällt in fünf Druckstufen.

Die Laufräder werden aus besten Siemens-Martin-Stahl geschmiedet und bestehen mit ihren Naben aus einem Stück. Ein am äußeren Umfang der Scheibe eingenieteter Stahlring bildet mit dieser einen nutenartigen Raum, in welchen die aus Nickelstahl gefertigten Schaufeln eingesetzt werden.

Beide soeben erörterten Arten der Druckabstufung führen zu mancherlei konstruktiven Schwierigkeiten, vor allem in der Abdichtung der Zwischenwände. Man kann diese auf zwei verschiedene Arten machen, entweder indem man die Zwischen-

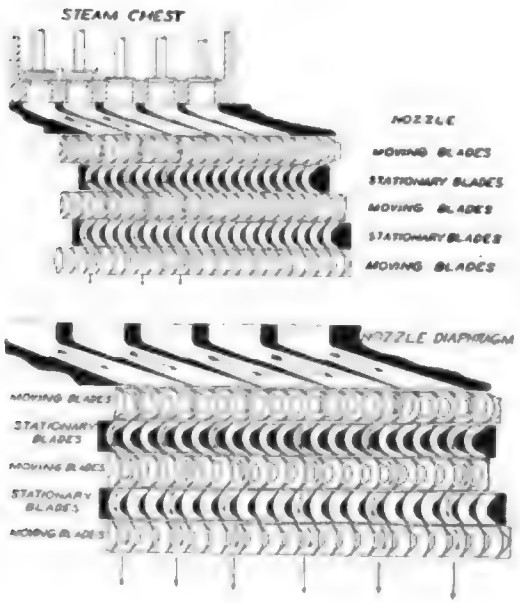


Fig. 19.

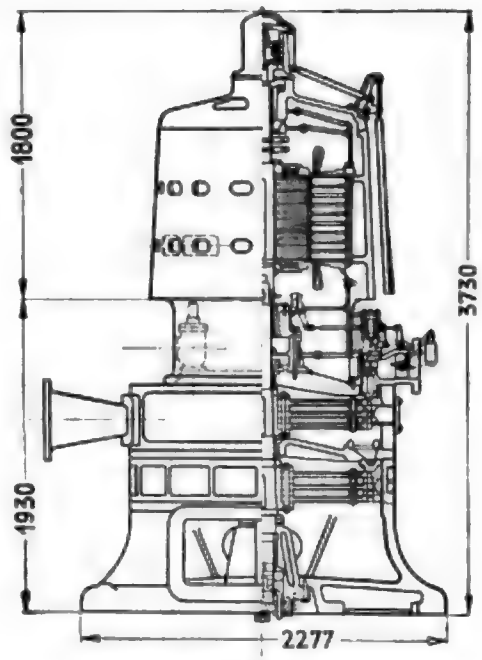


Fig. 20.

wände abwechselnd mit den Rädern seitlich einbringt, oder die Turbine der Länge nach teilt. Erstere Art gibt im allgemeinen eine schwierigere Montage, eignet sich nur für eine geringe Druckstufenzahl und bedingt auch, dafs die Turbinen von dem Ende aus zugänglich sind. Bei der A.E.G.-Turbine ist die erste, bei der Zoelly-Turbine die zweite Anordnung gewählt. Die Zwischenwände schließen auf der Welle gewöhnlich nur durch eine Labyrinthdichtung ab. Wegen des geringen Umfangs kann nur verhältnismäßig wenig Dampf durchtreten. Außerdem wird der Dampf durch die Zentrifugalkraft an einem Durchströmen nach der Welle gehindert.

Die dritte Methode zur Verminderung der Umlaufszahlen ist die gleichzeitige Druck- und Geschwindigkeitsabstufung. Sie ist vor allem von Curtis angewendet worden und bildet auch, wie schon erwähnt, die Grundlage der A.E.G.-Turbine, wenigstens für größere Leistungen.

Digitized by Google

Fig. 19 gibt das Schema dieser Anordnung und zwar der Geschwindigkeitsabstufung mit Leiträdern, wie ich sie vorhin erwähnte. Die Überleitung des Dampfes aus einer Druckstufe in die andere und die Umformung der Spannung in Strömungsenergie erfolgt auch hier durch Düsen.

Der einzige Unterschied der A.E.G.-Turbine gegenüber dieser Anordnung von Curtis besteht wohl darin, dafs erstere auch hier für die Geschwindigkeitsabstufung ihre Umkehrapparate behält.

Fig. 20 stellt die Curtis-Turbine in stehender Anordnung dar. Die Anordnung hat etwas sehr Bestechendes wegen des geringen Raumbedarfs; wie mir gesagt worden ist, wird sie aber nicht in größerem Maße zur Ausführung gelangen, weil verschiedene konstruktive Schwierigkeiten bestehen. An der inneren Anordnung der Turbine ändert sich aber auch durchaus nichts, wenn dieselbe in horizontaler Lage gebaut wird, wie die A.EG.-Turbine, die in Fig. 21 dargestellt ist.

Abweichend von den soeben beschriebenen Systemen beschritt Parsons von Anfang an einen ganz anderen Weg. Der Unterschied wird vielleicht am anschaulichsten durch die schematischen Abbildungen in Fig. 22.

Während sich bei den drei ersten, vorher erörterten Systemen die Energieumformung in den feststehenden Düsen vollzieht, findet bei Parsons durch die ganze Turbine hindurch eine fortwährende Expansion statt, d. h. Parsons sieht die Expansion nicht nur in dem Laufrad sondern auch im Leitrad vor. Das gibt nicht nur eine Aktion sondern auch eine Reaktion auf das Laufrad. Seine Turbine ist also eine kombinierte Aktions-Reaktions-Turbine.

Diese Art der Druckabstufung ist gewählt, um möglichst viele Druckstufen und möglichst geringe Druckunterschiede zu bekommen; denn Parsons baut seine Turbine, abweichend von den vorhin gezeigten mit besonderen Zwischenwänden, vollständig ohne jede Zwischenwand. Fig. 23 gibt ein Schema dieser Anordnung. Es wird dadurch erforderlich, dafs die Maschine zwischen den einzelnen Rädern an sich eine genügende Dichtung besitzt, um einen Spannungsausgleich ohne Arbeit zu verhindern. Es ist selbstverständlich, dafs sich eine solche Dichtung nicht durch irgend welche mechanischen Mittel bewirken läfst. Parsons verzichtet auch darauf und begnügt sich mit einer angenäherten Dichtung durch die Enge des Spaltes. Dieser Enge des Spaltes sind wieder durch die Praxis Grenzen gezogen, man mufs einen gewissen Spielraum zulassen, um bei der Ausdehnung der Räder durch die Dampfwärme ein Streifen und ein Festklemmen derselben zu verhindern. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte hat sich eine Spaltbreite von 1—3 mm in radialer Richtung und 2—5 mm in achsialer Richtung ergeben.

Die Parsons-Turbine weist 50 bis 100 Stufen auf. Es ergibt sich hieraus eine ebenso große Anzahl von Rädern; und wenn man die Schaufeln zusammenzählt, die in diesen einzelnen Rädern vorhanden sind, so kommt man auf die stattliche Zahl von 30 000—40 000 Schaufeln.

Diese große Zahl der Schaufeln, die große Baulänge der Turbine und die Enge des Spaltes sind die hauptsächlichsten Vorwürfe, die gegen die Parsons-Turbine erhoben werden.

Digitized by Google

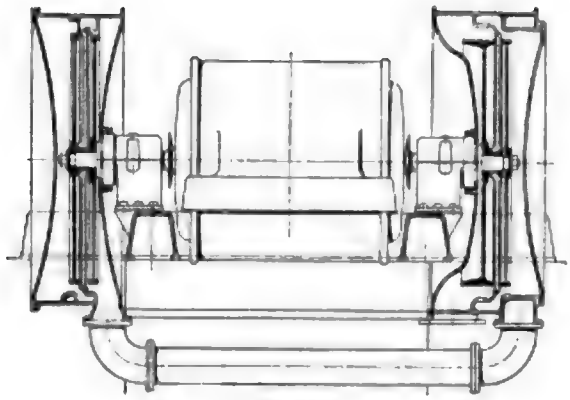


Fig. 21.

de Laval

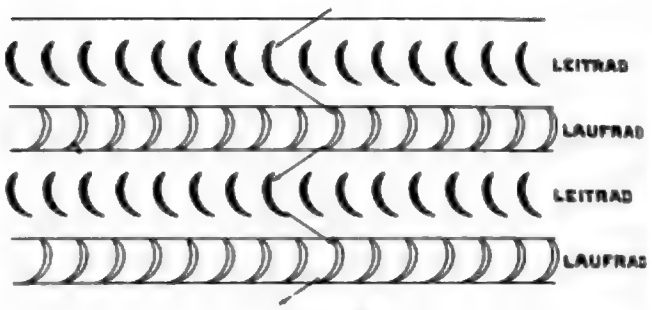
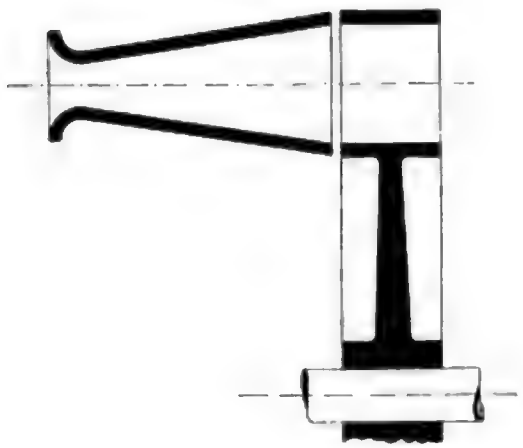
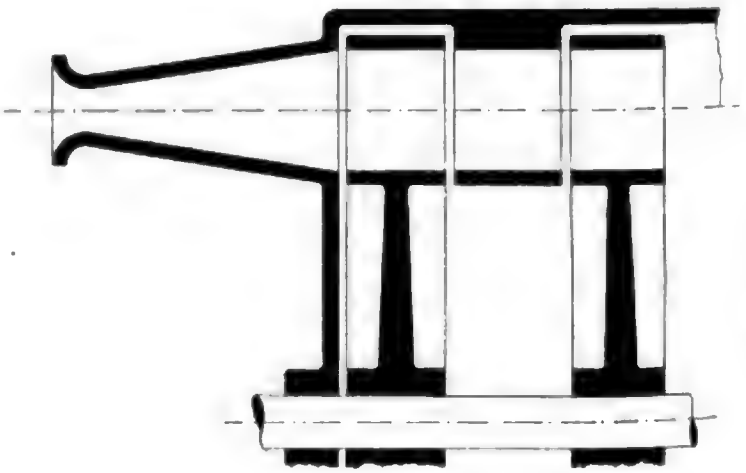


Fig. 23.

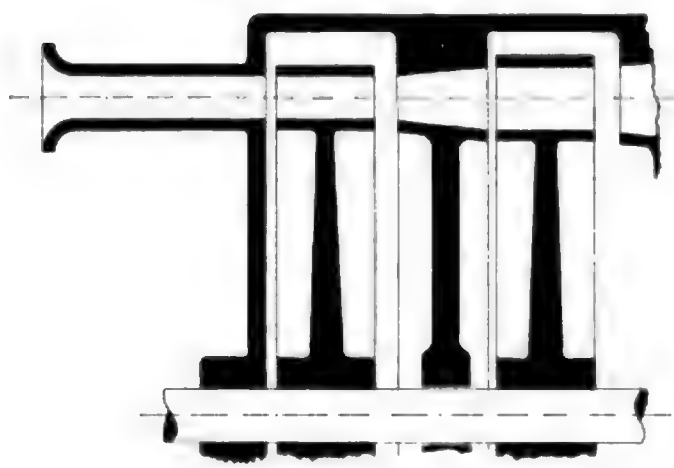
Geschwindigkeitsabstufung



Druckabstufung



Parsons



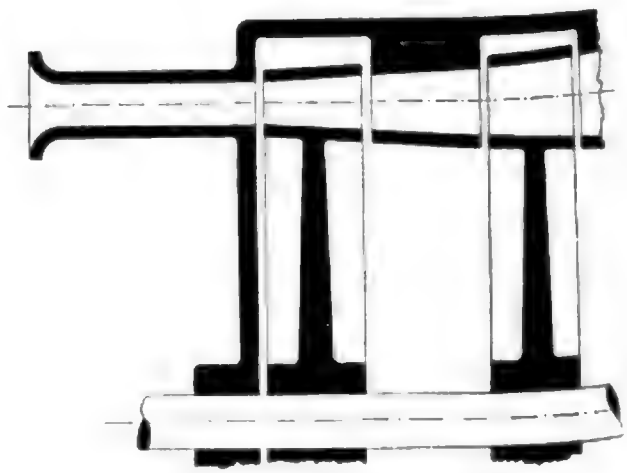


Fig. 22.

Wenn wir sie im einzelnen betrachten, so hat die Dichtung durch den Spalt gewifs Dampfverluste zur Folge. Sie würde aber nur dann einen wesentlichen Nachteil der Turbine bilden, wenn sie den wirtschaftlichen Effekt störend beeinflufste. Wenn aber eine Maschine derartig günstigen Dampfverbrauch erreichen kann, wie ihn die Parsons-Turbine erreicht, so ist meines Erachtens bewiesen, dafs diese Fehlerquelle sich nicht so außerordentlich bemerkbar macht.

Schematische Darstellung der Parsons-Dampfturbine.

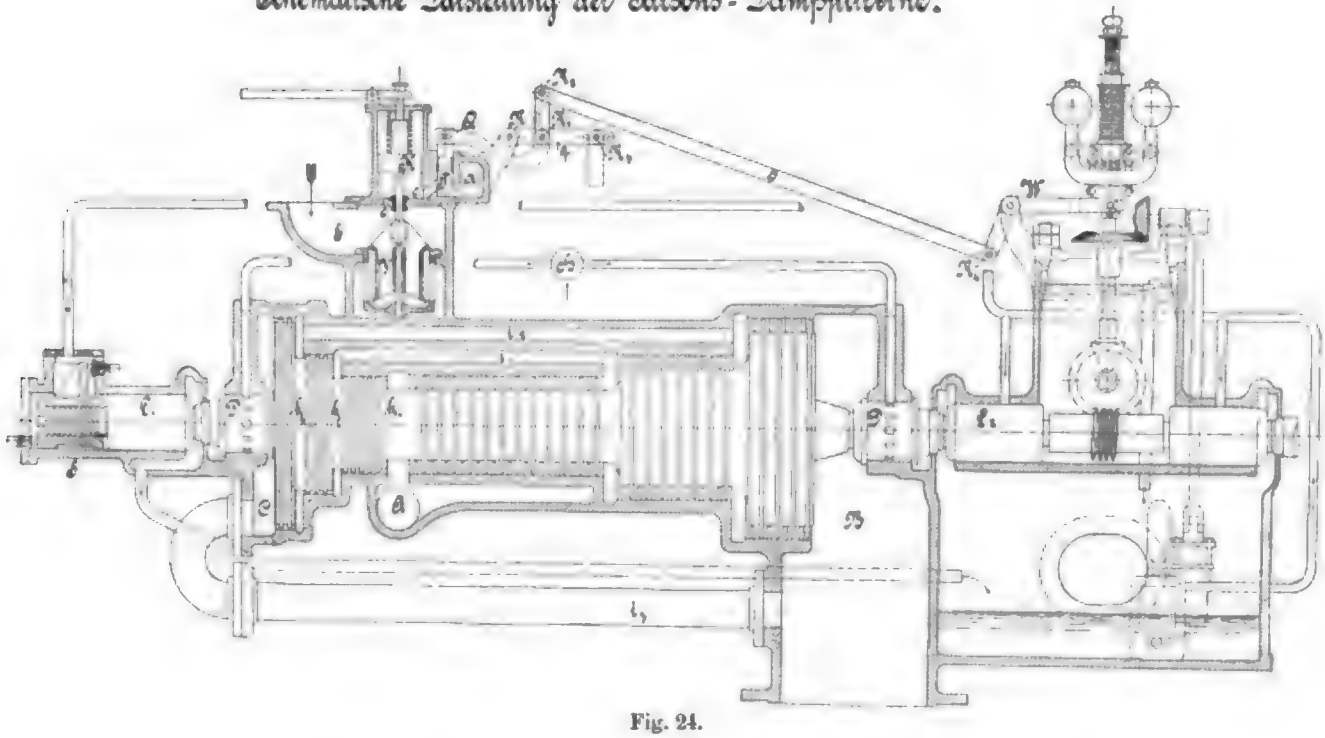


Fig. 24.

Des weiteren hat die Maschine den Nachteil, dafs ein Anstreifen der Schaufeln durch starke Ausdehnung namentlich bei Anwendung von überhitztem Dampf stattfinden kann. Tatsächlich sind solche Havarieen auch vorgekommen. Dieselben setzen aber immerhin erhebliche Bedienungsfehler und Überhitzung des Dampfes durch direkte Feuerung voraus. Denn bei einer Überhitzung des Dampfes durch die Feuerungsabgase, wie sie z. B. für Schiffe wohl allein in Frage kommt, können gefährliche Dampftemperaturen kaum auftreten.

Ich möchte auch darauf hinweisen, dafs es wohl nicht richtig ist, der Parsons-Turbine ihre wenigen Havariefälle zum Vorwurf zu machen. Es dürfte abzuwarten sein, welche Nachteile die anderen Systeme zeigen werden, wenn sie erst Turbinen mit einer Gesamtleistung von 650 000 Pferdestärken im Betrieb haben. Solange das nicht der Fall ist, wird man meiner Ansicht nach mit dem Urteil etwas zurückhalten müssen.

Digitized by Google

Die große Baulänge der Parsons-Turbine hat gewifs Nachteile; diese werden aber dadurch zum Teil aufgehoben, dafs die Turbine außerordentlich schmal wird und deswegen in vielen Fällen eine gute Raumausnützung ermöglicht. Namentlich trifft dies für Schiffsräume zu, bei denen langgestreckte niedrige Maschinen viel besser unterzubringen sind als kurze breite und hohe Maschinen.

Ein weiterer Vorwurf, der gewöhnlich gegen die Parsons-Turbine erhoben wird, betrifft die Entlastungskolben. Da die Turbine nicht radial beaufschlagt wird, und da auf die Laufradschaufeln eine ziemlich starke Reaktion wirkt, macht sich in der Räderwalze ein beträchtlicher achsialer Schub bemerkbar, den man nicht durch Kammlager ohne weiteres aufheben kann. Infolgedessen sind die Entlastungskolben angeordnet, die den Druck ausgleichen sollen. In der schematischen Konstruktionszeichnung (Fig. 24) sind sie auf der linken Seite angeordnet. Ihre Wirkungsweise ist aus der Zeichnung ohne weiteres erkennbar.

Diese Entlastungskolben vermehren ebenfalls die Länge der Turbine. Außerdem verbrauchen sie, da nur Labyrinthdichtungen vorhanden sind, etwas Dampf. Ich kann dagegen nur dasselbe bemerken, was ich hinsichtlich des Spaltverlustes sagte: alle derartigen Verluste können in Kauf genommen werden, wenn sie den Gesamtwirkungsgrad der Maschine nicht störend beeinflussen. Der Verlust durch die Entlastungskolben beziffert sich aber z. B. nur auf 1 %. Die ersten Ausführungen waren ohne Entlastungskolben. Ich möchte das hier hervorheben, weil sehr häufig der naheliegende Vorschlag gemacht wird, die Entlastungskolben fortzulassen, den Dampfeintritt an die beiden Enden und den Austritt in die Mitte zu legen. Das hat den großen Nachteil, dafs die Turbine in zwei kleinere von je der halben Leistung zerlegt wird, die entsprechend unwirtschaftlicher arbeiten.

Fig. 25 gibt eine ausgezeichnet klare Ansicht einer geöffneten Parsons-Turbine von 600 K.W.-Leistung mit davorliegendem Deckel, während Fig. 26 eine Parsons-Turbine verbunden mit einem Gleichstromerzeuger in äußerer Ansicht darstellt.

Den Nachteilen, die ich vorhin erwähnt habe und die meistenteils gegen die Parsons-Turbine angeführt werden, stehen eine Reihe von Vorteilen gegenüber.

Das einheitliche Gehäuse mit einer einzigen Längsfuge ist für die Abdichtung, welche ohne Packungsmaterial erfolgen mufs, von großem Vorteil. Letztere ist jedenfalls hier einfacher zu bewerkstelligen als bei Turbinen mit Zwischenwänden, selbst wenn diese — wie z. B. bei Zoelly — in einer Mittelfuge abgedichtet werden. Dann ist die Längsteilung für die Montage vorteilhaft, weil ein senkrechtes Heben der Last sich leichter bewerkstelligen läfst als ein seitliches Fortbringen. Besonders wichtig ist dieser Punkt für die Schiffe, bei denen man außerdem für eine seitliche Fortbewegung der Last einen gewissen Raum nutzlos freilassen müfste. In diesem Punkte besitzt also auch die Zoelly-Turbine einen Vorteil gegenüber der A.E.G.-Turbine.

Das einheitliche Gehäuse beabsichtigen dem Vernehmen nach beide letztgenannten Systeme, die bisher ihre Turbinen größerer Leistung in Hochdruck- und Niederdruckturbine teilten, für neuere Ausführungen anzunehmen.

Digitize

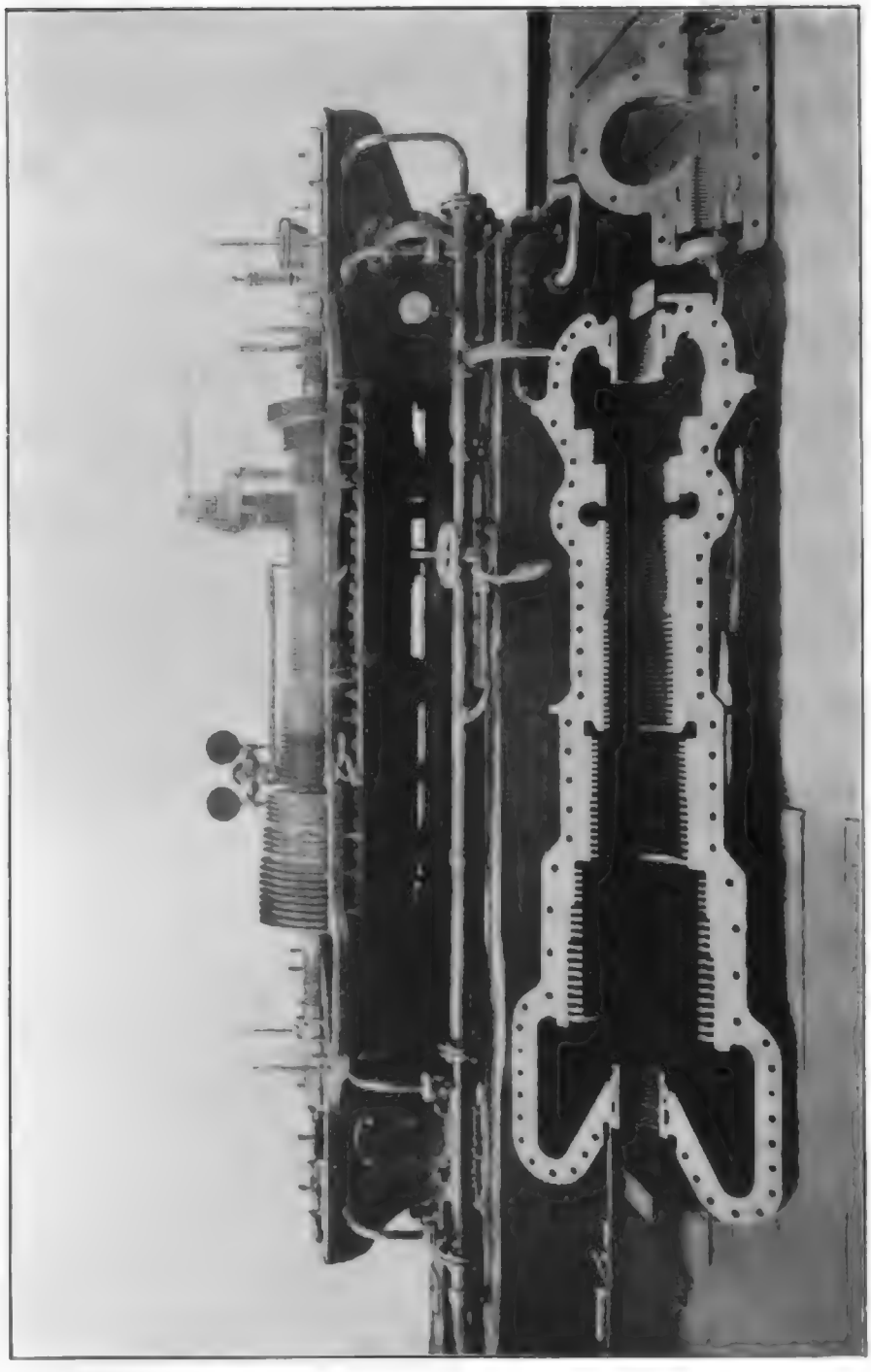


Fig. 25.

Ein weiterer Vorteil der Parsons-Turbine ist der geringe Durchmesser der Radwalze, der ziemlich kleine Umfangsgeschwindigkeit und infolgedessen nur geringe Fliehkraftwirkung ergibt. Ein Durchgehen der Maschine ist daher bei diesen Walzen viel weniger gefährlich als bei den Turbinen mit Rädern von größerem Durchmesser. Das schlimmste, was einer solchen Maschine passieren kann, ist, dafs die ganze Spindel sich in den Leiträdern festbremst.

Eine möglichst geringe Gefahr bei etwaigem Durchgehen der Maschine ist für die Schiffsanlagen besonders wichtig, weil bei diesen ein Regulator in der Art, wie man ihn bei Landmaschinen anwendet, nicht gut möglich ist wegen der verschiedenen

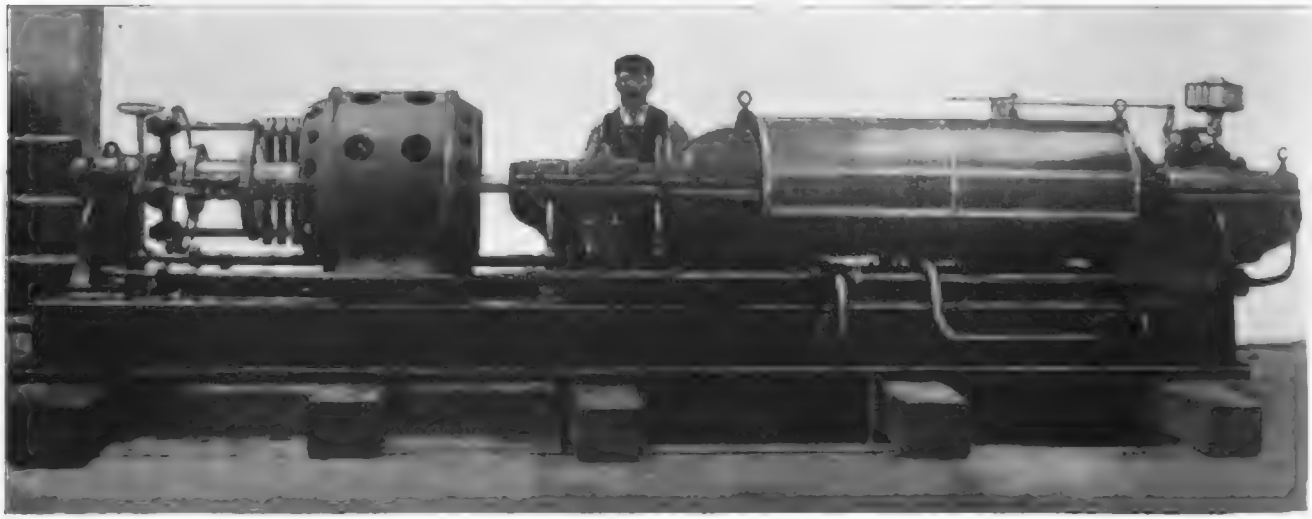


Fig. 26.

Geschwindigkeiten, mit denen die Maschine arbeiten mufs. Außerdem ist ein Durchgehen, sobald die Maschine zum Antrieb von Schiffspropellern dient, viel leichter möglich als bei Landmaschinen, z. B. bei einem Austauchen der Schraube, einem Bruch der Welle usw.

Ein weiterer Vorteil der Parsons-Turbine ist die geschlossene Führung des Dampfes, der sich von der ersten bis zur letzten Stufe als geschlossener Dampfzylinder spiralförmig durch die Schaufeln wälzt. Ähnliches läfst sich auch bei anderen Systemen erreichen; weniger gut ist jedenfalls die Anordnung mit Düsen, bei denen sich der Dampf vorher in den Kammern sammelt, aufstaut und dann wieder in Bewegung setzt. Eine derartige Führung der Dampfmasse mufs meines Erachtens mit Verlusten verbunden sein.

Die außerordentlich geringe Abnutzung kann wohl weiterhin als ein Vorteil der Parsons-Turbine angesehen werden. Sie ist gering wegen der großen Schaufelfläche, die z. B. für eine Maschine von 1500 Pferdestärken etwa 25 qm beträgt. Es liegt auf der Hand, dafs die Beanspruchung der Flächeneinheit dann nur eine geringe

Digitized by Google

ist, und dafs daher auch die Abnutzung nur eine geringe sein kann. Nicht ohne Einfluſs ist wohl auch das Material der Schaufeln. Diese werden aus kupfernen oder bronzenen Profilstäben geschnitten.

Ein besonders interessanter Fall aus der Praxis, der diese Erwägungen bestätigt, wird gewöhnlich bei dieser Gelegenheit erwähnt. Es ist dies die Aufnahme einer Turbine in einem Bergwerk bei Tschöpeln in der Oberlausitz. Dort war eine Maschine von 500 Kilowatt Leistung 7000 Betriebsstunden hintereinander gelaufen. Diese Maschine wurde in Gegenwart einer Kommission geöffnet, als tadellos befunden und sofort wieder in Betrieb gesetzt. Ein solches Ergebnis dürfte wohl mit keiner Kolbenmaschine erreicht werden und verdient als Beweis für die Lebensfähigkeit und Betriebsfähigkeit dieser Turbine angeführt zu werden.

Wie sich die Sache bei anderen Systemen verhalten wird, läfst sich zur Zeit noch nicht übersehen. Sie werden in der Praxis den Beweis zu erbringen haben, dafs die gefrästen Riedler-Räder und die Nickelstahlschaufeln der Zoelly-Turbine ebenso brauchbar sind. Bei der Höhe, auf der sich jedoch unsere Materialfabrikation befindet, ist wohl anzunehmen, dafs man auch hier zu brauchbaren Ergebnissen gelangen wird.

Die geringe Abnutzung ist wesentlich für die Erzielung eines gleichbleibenden Dampfverbrauchs und ist daher nicht hoch genug anzuschlagen. Bei allen Kolbenmaschinen ist eine Abnützung in den Dichtungsflächen, namentlich in den Stoffbuchsen, unvermeidbar; infolgedessen ist es auch eine bekannte Erscheinung, dafs der Dampfverbrauch aller Kolbenmaschinen mit der Zeit steigt, und dafs die Maschinen von Zeit zu Zeit überholt werden müssen, um wieder wirtschaftlich zu arbeiten. Bei den Turbinen scheint dies, wenn die Erfahrungen weiter so günstig bleiben, nicht der Fall zu sein; es würde dies einen sehr wesentlichen Vorteil gegenüber den Kolbenmaschinen bilden.

Während ich die konstruktiven Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme bei ihrer Besprechung erörtert habe, bleibt jetzt noch die Platzfrage zu betrachten.

Fig. 27 ermöglicht einen Vergleich zwischen zwei Zentralen gleicher Leistung (1800 PS.), von denen die eine mit Parsons-Turbinen, die andere mit liegenden Kolbenmaschinen ausgerüstet ist.

Gegenüber stehenden Kolbenmaschinen wird die Ersparnis in der Grundfläche nicht so bedeutend, indessen bietet die Turbine auch dort Vorteile, weil sie in der Höhe weniger Raum beansprucht und daher erforderlichenfalls in verschiedenen Etagen übereinander aufgestellt werden kann, wie es auch in England namentlich bei Erweiterungen von alten Zentralen geschehen ist.

Fig. 28 zeigt den Grundrifs der Zentrale Moabit, in welchen zum Vergleich mit den Kolbendampfmaschinen A.E.G.-Turbinen eingezeichnet sind. Der Vergleich bezieht sich auf eine Leistung von 9000 Kilowatt und ergibt eine beträchtliche Ersparnis auf Seiten der Turbinen.

Noch frappierender ist wohl der Vergleich der beiden Maschinen in Fig. 29, einer Corlifs-Maschine von 5000 Kilowatt Leistung bei 75 minutlichen Umdrehungen. Wie ich vorhin erwähnt habe, beabsichtigt man allerdings bei der A.E.G. nicht, diese stehende Maschine in gröſseren Mengen zu bauen; immerhin ist es ganz interessant, zu

Digitized by Google

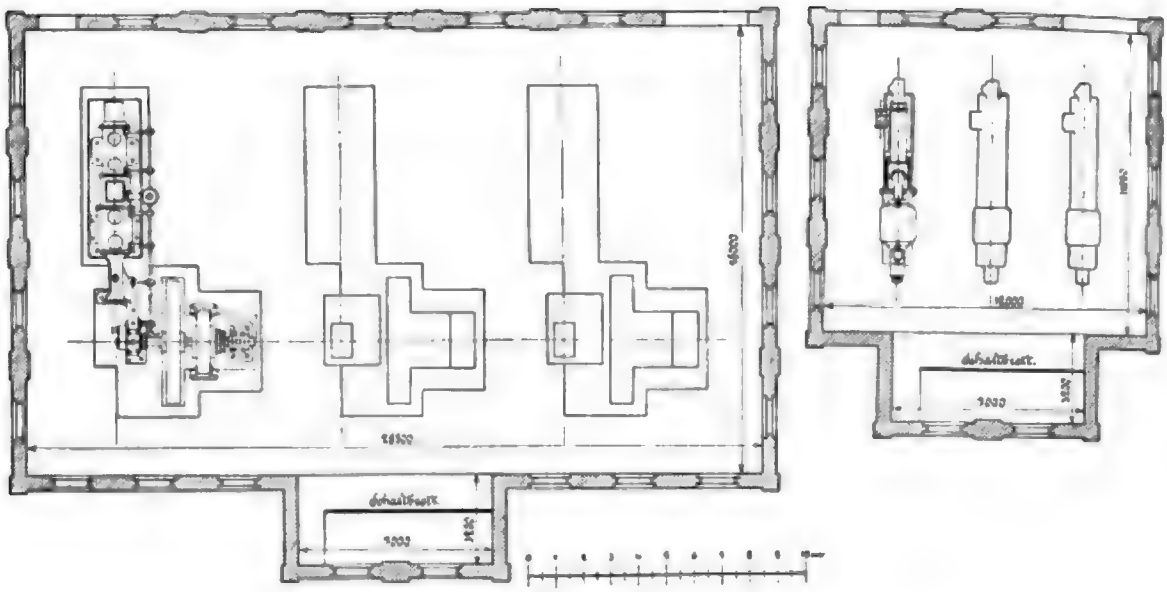


Fig. 27.

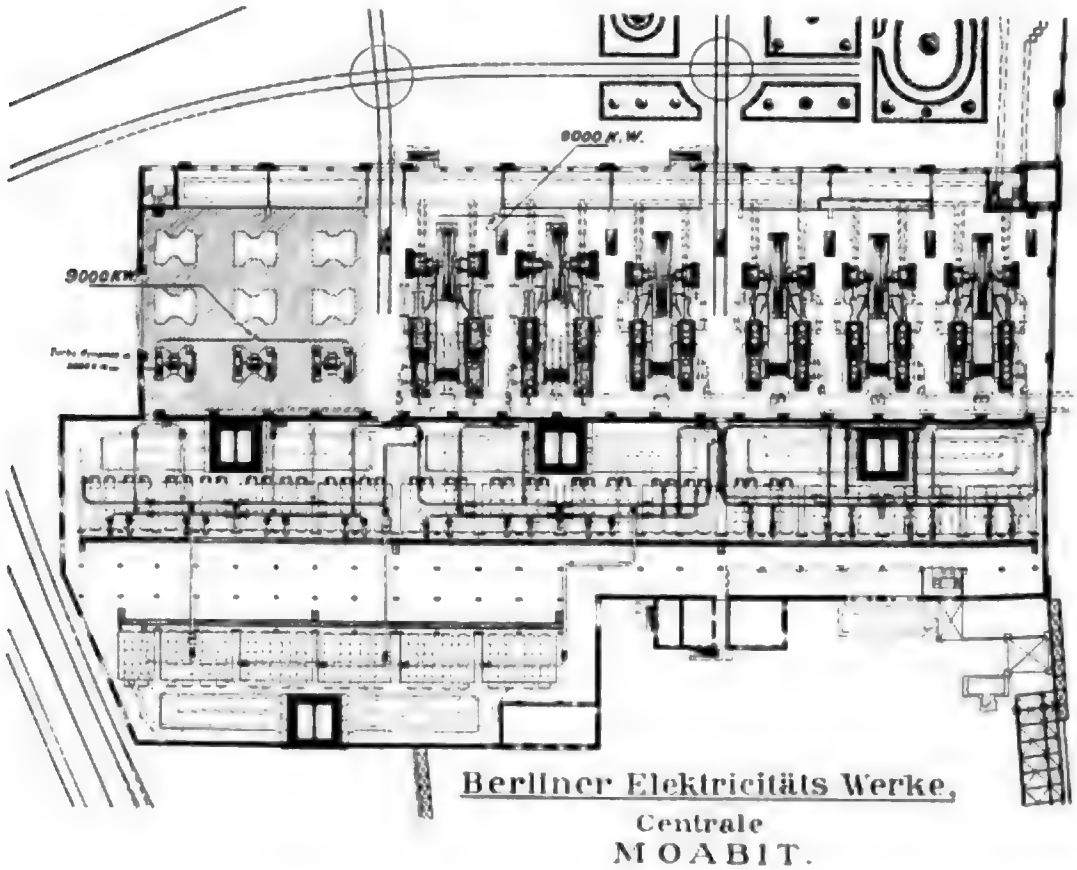


Fig. 28.

Digitized by Google

sehen, auf welch kleinem Raum man mit dieser Turbine erforderlichenfalls eine so große Leistung unterbringen kann.

Die wichtigste Frage, die für die Brauchbarkeit eines Systems entscheidend sein dürfte, ist neben der Betriebssicherheit der Dampfverbrauch. Bevor ich die einzelnen Punkte, die für den Dampfverbrauch wichtig sind, bespreche, möchte ich darauf hinweisen, dafs wir wohl der Einführung der Turbine und gerade dem Streit, der über ihren Dampfverbrauch entbrannt ist, eine Mefsmethode verdanken, die jetzt allgemeiner

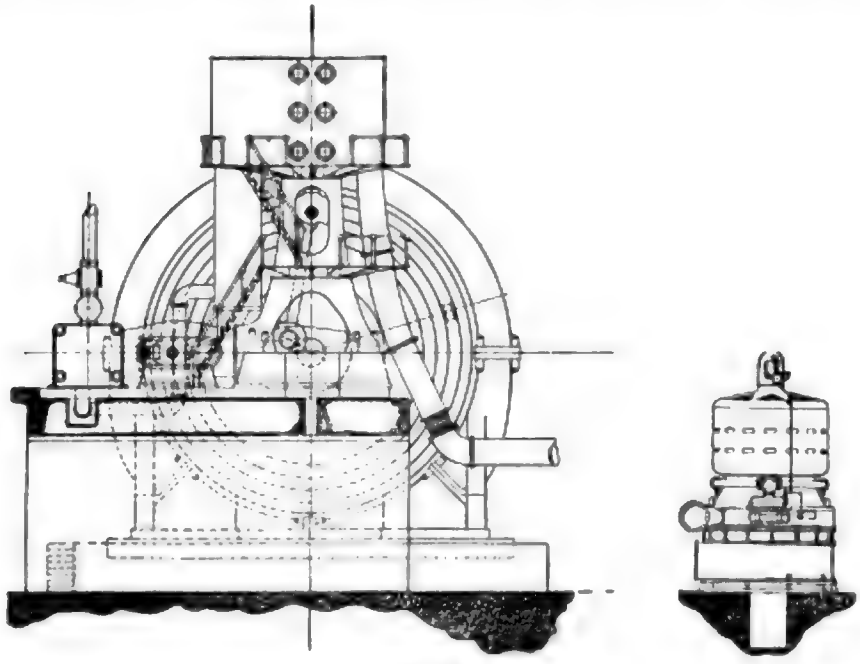


Fig. 29.

Anwendung findet. Der Dampf wird nicht, wie früher, pro indizierte Pferdestärke gemessen sondern pro Kilowatt; und das dürfte auch richtiger sein. Den Besitzer einer Dampf-Dynamomaschine interessirt weniger, was die Maschine für ihre indizierten Pferdekräfte verbraucht, sondern er will wissen, mit welchem Aufwand an Kohlen, an Dampf er seine elektrische Energie geliefert bekommt. Außerdem ist das Verfahren, das bei dieser Art der Messung des Dampfes pro Kilowatt angewendet wird, ein viel einfacheres und genaueres. Es wird das Kondensat und die elektrische Leistung gemessen, während früher bei der Messung des Kesselspeisewassers und der indizierten Pferdestärken so viel Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden mufsten, soviel von der Geschicklichkeit des messenden Personals abhing, dafs man von einem einwandfreien Resultat kaum sprechen konnte. Deswegen wurden wohl auch die Werte, die durch die Abnahmemessungen erzielt wurden, im spätereren praktischen Gebrauch fast nie erreicht. Desgleichen ist mit Hilfe der neueren Mefsmethode eine fortwährende Kon-

Digitized by Google

trolle des Dampfverbrauchs möglich. Soweit mir bekannt, wird diese Kontrolle auch in verschiedenen Betrieben wegen ihrer Einfachheit geübt.

Wenn man auf die Beurteilung des Dampfverbrauchs zu sprechen kommt, muſs man zwei Fälle unterscheiden: erstens den Dampfverbrauch bei gleichbleibender Umlaufszahl und wechselnder Belastung und zweitens den Dampfverbrauch bei wechselnder Umlaufszahl.

In dem ersteren, wesentlich einfacheren Falle handelt es sich vorwiegend um den Antrieb von Dynamomaschinen. Bietet nun hier die Geschwindigkeits- oder die Druckabstufung größere Vorteile für eine möglichst große Ausbeutung der Dampfenergie? Meines Erachtens ist die Geschwindigkeitsabstufung nur ein Notbehelf, um die Umlaufszahl zu vermindern. Die Verluste, die sich in der ersten Stufe dadurch ergeben, daſs die Umfangsgeschwindigkeit erheblich kleiner ist als die halbe Dampfgeschwindigkeit, müssen in den nächsten Stufen wieder eingebracht werden.

Anders liegt die Sache bei der Druckabstufung, die die Umformung der Spannung in Strömungsenergie auf verschiedene Stufen verteilt und es bei genügend großer Anzahl der Stufen ermöglicht, ein richtiges Verhältnis zwischen der entsprechend der Stufenzahl verringerten Dampfgeschwindigkeit und der Umfangsgeschwindigkeit herzustellen. Weist diese Erwägung auf möglichst viele Druckstufen hin, so ist andererseits zu erwähnen, daſs die Turbinen mit wenig Druckstufen vor den Turbinen mit sehr viel Druckstufen, wie die Parsons-Turbine, einen Vorteil vielleicht voraus haben, nämlich daſs der Dampfverbrauch bei kleinen Leistungen in geringerem Maße steigt. Denn eine große Expansionslänge wie bei der Parsons-Turbine wird bei sehr kleinen Leistungen vielleicht nicht mehr in vollem Maße ausgenutzt werden, da die Laufräder dann nicht mehr Arbeit leisten, sondern Arbeit verbrauchen, indem sie den Dampf, dessen Energie aufgezehrt ist, als Ventilator weiter schaffen müssen. Daſs diese Einflüsse für die praktischen Verhältnisse jedoch von untergeordneter Bedeutung sind, zeigen die Dampfmessungen an zahlreichen Parsons-Turbinen. Auf Grund derselben kann man wohl sagen, das Parsons im geringen Dampfverbrauch noch nicht erreicht ist. Allerdings haben die anderen Systeme noch keine Ausführungen in den Größen aufzuweisen, wie Parsons sie bereits hergestellt hat, und deshalb wird erst die Zukunft einen einwandsfreien Vergleich ermöglichen.

Der günstigste Dampfverbrauch, der von Parsons bei der Frankfurter Turbine von 3000 Kilowatt im Betrieb erreicht ist, beträgt 6,04 kg pro Kilowattstunde. Es ist dies ein Dampfverbrauch, der wohl die besten Werte von Kolbenmaschinen erreicht, wenn nicht übertrifft. Die Werte, die für die A.E.G.-Turbine bisher veröffentlicht waren, können wohl hier nicht recht in Vergleich gezogen werden, da sie den ersten Ausführungen entstammen und wohl durch die neueren Konstruktionen überholt sind. In einem Vortrag, den seinerzeit Herr Geheimrat Riedler hielt, gab er den günstigsten Dampfverbrauch seiner Versuchsturbine in der Zentrale Moabit von 1600 K.W.-Leistung zu 7,5 kg pro Kilowattstunde an. Dies würde recht ungünstig sein, da eine Turbine von dem vierten Teil dieser Größe, von 400 Kilowatt, die auf der Werft Kiel arbeitet, nur 7,4 kg pro Kilowattstunde unter gleichen Verhältnissen beansprucht. Wie mir mitgeteilt wurde, kann die A.E.G. neuerdings mit ihrer Turbine die Dampfverbräuche der

besten Kolbendampfmaschinen halten; Berichte sind meines Wissens darüber noch nicht veröffentlicht. Versuche mit einer Zoelly-Turbine von 400 Kilowattleistung haben einen Dampfverbrauch von 8,68 kg pro Kilowattstunde ergeben. Eine Parsons-Turbine von gleicher Leistung würde nach den Versuchen in Kiel unter gleichen Verhältnissen 8,35 kg gebrauchen. Der Unterschied ist also nur noch außerordentlich gering. Die Versuche sind von Prof. Stodola gemacht und daher als einwandsfrei anzusehen. Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, dafs Zoelly Parsons im Dampfverbrauch erreicht. Man wird aber — wie schon vorher gesagt — die größeren Typen abwarten müssen, die die eigentliche Domäne der Parsons-Turbine bilden.

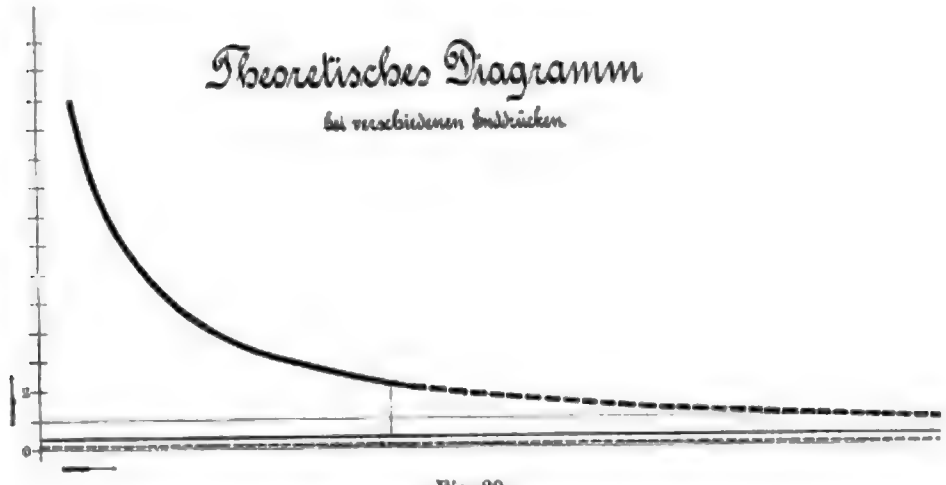


Fig. 30.

Gelegentlich der Erörterung des Dampfverbrauchs möchte ich auf einen Punkt hinweisen, der auch häufig zur Sprache kommt, weswegen nämlich die Turbinen fast durchweg ein sehr gutes Vakuum erfordern. Es liegt daran, dafs in der Turbine der Dampf auf ein größeres Volumen expandiert als in der Kolbenmaschine. Bei einer Kolbenmaschine rechnet man eine Expansion auf etwa das 14fache, die Parsons-Turbine erreicht eine Expansion auf das 140fache.

Das Diagramm in Fig. 30 zeigt, dafs schon eine ganz geringe Verbesserung des Vakuums einen der Fläche zwischen der ausgezogenen und gestrichelten Vakuumlinie entsprechenden Arbeitsgewinn schafft, der bei einer Parsons-Turbine mit ihrer 140fachen Expansion den zehnfachen Betrag gegenüber einer Kolbendampfmaschine erreicht und daher wesentlich ins Gewicht fällt.

Der Dampfverbrauch bei verschiedenen Umlaufszahlen kommt namentlich für Schiffe und besonders für Kriegsschiffe in Betracht. Die Handelsschiffe, auch die Passagierdampfer haben mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu rechnen und können während des Manöverierens wie beim Einlaufen in den Hafen einen etwaigen höheren Dampfverbrauch in den Kauf nehmen. Anders das Kriegsschiff, das nicht nur mit einem günstigen Dampfverbrauch bei der größten Geschwindigkeit, sondern auch beim

Digitized by Google

Zurücklegen von großen Strecken mit geringerer Geschwindigkeit zu rechnen hat, weil davon der den Gefechtswert des Schiffes beeinflussende Aktionsradius abhängt.

Wie weit in dieser Hinsicht die Parsons-Turbine den Anforderungen genügt, zeigen die Kurven in Fig. 31. Die Dampfverbräuche bei verschiedenen Leistungen sind als Ordinaten aufgetragen, als Abszissen die Umdrehungen pro Minute. Der Verlauf der Kurven zeigt folgendes: Bei gleichbleibender Leistung steigt mit fallender Umlaufszahl der Dampfverbrauch für die Leistungseinheit ganz beträchtlich. Geht aber mit der Umlaufszahl auch zugleich die Leistung herunter, so ändert sich der Dampfverbrauch nur wenig.

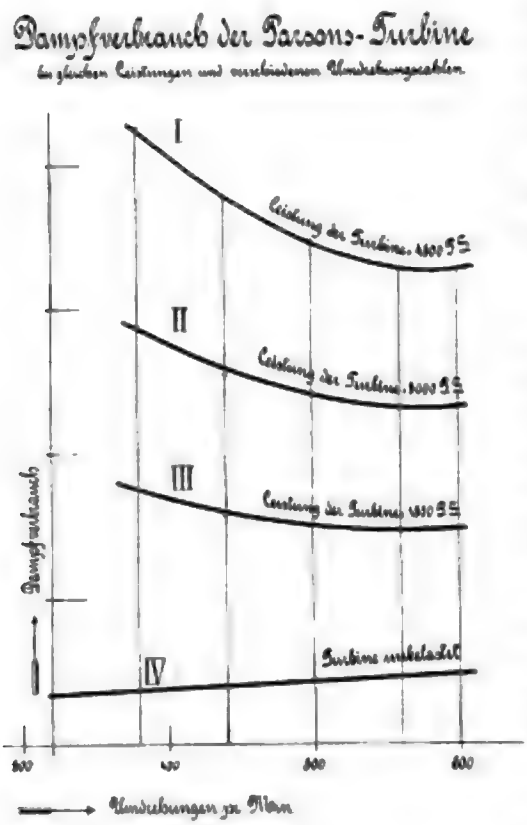


Fig. 31.

Dies letztere trifft nun für den Schiffsbetrieb zu; denn bei der geringeren Geschwindigkeit wird zur Fortbewegung des Schiffes naturgemäß auch eine geringere Leistung gebraucht. Nach Fig. 31 steigt aber auch bei der auf ein Drittel verminderten Leistung die Kurve III immer noch etwas an. Man hat deshalb zu einem weiteren Hilfsmittel gegriffen, indem man vor die Turbinen, die bei forcierter Fahrt die Fortbewegung des Schiffes bewirken, noch eine sogenannte Marschturbine vorschaltet. Ihre Wirkungsweise wird noch weiter unten erläutert.

Bei den bisher mit Parsons-Turbinen ausgeführten Schiffsanlagen wird gewöhnlich jede Turbine in zwei Teile — Hochdruck- und Niederdruckturbine —, seltener in drei Teile — Hochdruck-, Mitteldruck-, und Niederdruckturbine — zerlegt. Es hat dies seine Ursachen nicht in der Konstruktion der Turbine, sondern liegt begründet in der Anordnung der Schrauben. Bei den hohen Umlaufszahlen, die die Turbine noch für den Antrieb der Schiffsschrauben hat — bei dem für unsere Marine in Auftrag gegebenen Kreuzer sind es z. B. etwa 650 Umdrehungen — werden die Schrauben ziemlich klein im Durchmesser. Es ist daher notwendig, die zur Vorwärtsbewegung des Schiffes erforderliche Maschinenleistung auf eine größere Anzahl von Schrauben zu verteilen. Diese kann man wiederum nicht alle hintereinander auf eine Welle setzen, weil sie sich dann gegenseitig in ihrer Wirkung beeinflussen würden, sondern man mufs sie auf mehrere nebeneinanderliegende Propellerwellen verteilen. Entsprechend der vorher erwähnten Dreiteilung oder Zweiteilung der Turbine kommt man alsdann entweder zu einer Turbinenanlage mit drei Wellen oder einer Doppelanlage mit vier Wellen. Im

Digitized by Google

ersten Falle erhalten wir bei Kriegsschiffen eine, im letzteren Falle zwei Marschturbinen. Diese werden mit einer bezw. zwei vorhandenen Wellen gekuppelt. Die Wirkungsweise einer Marschturbine in Verbindung mit einer Hochdruck- und einer Niederdruckturbine wird vielleicht klarer, wenn man sich für den Betrieb mit Marschgeschwindigkeit eine Turbine vorstellt, unterteilt in Hochdruck-, Mitteldruck- und Niederdruckturbine. Bei forcierter Fahrt wird die Hochdruckturbine abgestellt und die Mitteldruckturbine direkt mit Frischdampf beaufschlagt. Die Turbine entwickelt also ihre höchste Ökonomie bei langsamer Fahrt, ohne bei schneller Fahrt zu unwirtschaftlich zu sein.

Ob und inwieweit andere Turbinen dieses Ziel erreichen können, mufs die Zukunft lehren. Mir scheint es durch die Parsons-Turbine leichter erreichbar zu sein. Und zwar bietet hier die große Anzahl der Druckstufen einen Vorteil, weil die Beaufschlagung mit verschiedenen Dampfmengen von verschiedenem Druck bei der großen Anzahl der Schaufeln nicht so stark in die Erscheinung tritt als bei weniger Druckstufen. Der Fehler verkleinert sich entsprechend der Schaufelzahl.

Nachdem ich die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Turbinensysteme beleuchtet habe, komme ich auf die gemeinsamen Vorteile aller Dampfturbinen zu sprechen. Hierzu gehören die geringen Abmessungen, die ich vorhin schon gelegentlich der Besprechung der Platzfrage erörtert habe, dann das geringe Gewicht und die ruhende Belastung des Fundaments, da die Turbinen ohne jede Erschütterung arbeiten. Dieser Punkt ist namentlich für die Schiffe von Wichtigkeit. Aber auch für die Landanlagen bedeutet er Ersparnisse an Fundamentkosten. Die oben erwähnte Parsons-Turbine in Tschöpeln ist z. B. auf einem gewöhnlichen Kellergewölbe aufgestellt.

Das Gewicht einer Parsons-Turbine beträgt nach Angaben von Brown-Boveri 15—25 kg für die effektive Pferdekraft gegen 60—100 kg bei Kolbenmaschinen. Bei den Schiffen ist die Ersparnis nicht so groß infolge der Teilung der Turbinen und wegen verschiedener Nebenapparate, sodafs auch bei dem oben erwähnten Kreuzer nur etwa 100 t Gewichtsersparnis erzielt werden konnten, und auch diese im wesentlichen nur am Schiffskörper.

Das geringe Gewicht der Landturbinen ergibt im Verein mit der Einfachheit ihres Aufbaues eine außerordentlich einfache, billige und schnelle Montage.

Eine Parsons-Turbine von etwa 600 PS. kann in vielleicht acht Tagen montiert werden, während zur Montage einer gleich großen Kolbenmaschine Wochen erforderlich sind.

Die Turbinen zeichnen sich ferner durch geringeren Ölverbrauch aus. Derselbe beträgt z. B. bei einer Parsons-Turbine 0,5—2 % der Kohlenkosten gegenüber 7—20 % bei Kolbendampfmaschinen. Eine Schmierung findet nur in den Lagern statt. Durch eine Ölzirkulation, wie bei der Parsons-Turbine kann eine vorzügliche Ausnutzung des Öls bei geringen Verlusten erreicht werden. Der Dampf wird gar nicht geölt; infolgedessen erhält man ein ölfreies Kondensat. Dieses kann ohne weiteres zur Kesselspeisung verwendet werden, was eine weitere Ersparnis an Kohlen bedeutet.

Die Verwendung von überhitztem Dampf, auch eine wesentliche Bedingung für ein ökonomisches Arbeiten einer Maschine, bietet bei den Turbinen keine Schwierigkeit

Digitized by Google

wie bei den Kolbenmaschinen, da ein Reiben von dampfberührten Teilen aufeinander nicht stattfindet.

Infolge des Fehlens aller hin- und hergehenden Teile, infolge rotierender Bewegung ausbalancierter Massen ist die Gleichförmigkeit der Maschine eine außerordentlich große und die Regulierung eine sehr gute. Für den Antrieb von Dynamomaschinen ist dies von großer und einschneidender Bedeutung.

Die einfache und rasche Inbetriebsetzung, die einfache Wartung und Bedienung bilden ebenfalls Vorzüge, die nicht zu unterschätzen sind. Ein Anwärmen der Turbine ist nur in ganz beschränktem Umfange erforderlich, die Maschine läuft sofort an, es fallen alle die Handgriffe, alle die Manöver, die bei großen Kolbenmaschinen erforderlich sind, fort.

Es sind keine Dichtungs- und Packungsmaterialien, keine Stoffbuchsen vorhanden, wenn man nicht die Dichtungen der Zwischenwände zwischen den einzelnen Druckstufen bei den Systemen mit wenig Druckstufen dazu rechnet, bei denen man jedoch meistens dazu übergegangen ist, Labyrinthdichtungen anzuwenden.

In absehbarer Zeit werden die Turbinen voraussichtlich sich auch durch geringere Anschaffungskosten auszeichnen. Bis jetzt ist das noch nicht der Fall. Es liegt wohl daran, dafs die Konkurrenz zwischen den einzelnen Turbinensystemen noch nicht entwickelt ist, und dafs die Herstellung noch nicht durchweg in dem Maße fabrikmäßig betrieben wird, wie es nachher der Fall sein wird, wenn erst der Großbetrieb sich der Herstellung dieser Maschinenart bemächtigt hat.

Aus den soeben ausgeführten Punkten, namentlich der Ölersparnis, dem ölfreien Kondensat, ergeben sich eine Reihe wirtschaftlicher Vorteile in Gestalt von Betriebsersparnissen, die man bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Dampfturbine in Rechnung ziehen mufs. Es ist nicht genug, dafs man ihre Dampfverbräuche allein denen der Kolbendampfmaschine gegenüberstellt.

Wenn ich nun die Aussichten der Turbinen streife, zunächst für den Landbetrieb, so werden sie hier vorwiegend für den Antrieb von Dynamos Anwendung finden. Die Elektrotechnik hat direkt nach einem solchen Motor gesucht, der ohne Schwierigkeit die hohe Umlaufszahl liefert, deren sie zum vorteilhaften Antrieb ihrer Maschinen bedarf. Die Einführung der Turbinen, namentlich wenn sich ihre Anschaffungskosten niedriger stellen sollten, wird daher vielleicht einen großen Aufschwung in der Herstellung elektrischer Kraftanlagen zeitigen, und die Zentralisierung der Krafterregung eine noch größere Ausdehnung erfahren, als es jetzt schon der Fall ist. Ein weiteres Anwendungsgebiet der Turbinen ist der Antrieb von Ventilatoren, Pumpen usw. Bei kleineren Leistungen wird man jedoch hier auf so hohe Umlaufszahlen kommen, dafs man zu Spezialkonstruktionen greifen mufs, die nicht einwandfrei sind.

Der einzige Konkurrent, der der Turbine erwachsen dürfte, ist die Großgasmaschine, aber auch wohl nur insofern, als es sich um Verwertung vorhandener Abgase, also z. B. der Gichtgase handelt, während die Turbine mit den sonstigen Kraftgasanlagen schon jetzt in Konkurrenz treten kann. Es scheint mir jedoch noch eine

offene Frage zu sein, ob man in einzelnen Fällen bei billigerer Herstellung der Turbine es nicht vorziehen wird, die Gichtgase unter den Kesseln zu verfeuern.

Im Schiffsbetrieb werden die Handelsschiffe und die Schnelldampfer nicht allzulange auf die Einführung der Turbine zu warten brauchen, weil die Aufgaben verhältnismäßig einfach sind, da es sich hier um eine Arbeitsleistung bei im allgemeinen gleichbleibender Umlaufszahl handelt.

Schwieriger liegt die Sache bei den Kriegsschiffen, die viel manövrieren und bei Marschgeschwindigkeit möglichst wenig, aber auch bei forcierter Fahrt nicht zu viel Kohlen verbrauchen sollen. Letzteren Punkt habe ich vorhin eingehend erörtert und die Wege angegeben, auf denen Parsons diese Frage zu einer Lösung geführt hat.

Die zweite Frage, die der Prüfung noch bedarf, betrifft das Manöverieren. Wie ich schon andeutete, kommt man bei den hohen Umlaufszahlen auf verhältnismäßig kleine Schraubendurchmesser. Diese kleinen Schrauben haben den Nachteil, dafs sie nicht ein genügend schnelles Manöverieren des Schiffes gewährleisten. Es wird schwierig sein, namentlich bei größeren Schiffen, bei den Linienschiffen und großen Kreuzern, schnell genug die Fahrt aufzunehmen und abzustoppen. Aufschlufs werden voraussichtlich die Versuche geben, die im Herbst d. J. mit dem von unserer Marine bestellten Turbinenkreuzer angestellt werden.

Nachdem sich die Erkenntnis Bahn gebrochen hat, dafs die Dampfturbine als mindestens gleichberechtigter Faktor in die Reihe der Dampfmaschinen eingetreten ist, erwächst der deutschen Industrie die Aufgabe, mit allen Kräften an der Entwicklung und Förderung der neuen Maschinenart zu arbeiten. Große finanzkräftige Verbände haben sich bereits gebildet, um die Fabrikation und den Vertrieb von Dampfturbinen im großen in Deutschland in die Wege zu leiten. Vorläufig handelt es sich zum großen Teil um die Verwertung ausländischer Erfindungen und Erfahrungen. Aber auch die Kolbenmaschine ist aus dem Auslande zu uns gekommen und hat bei uns eine Ausbildung und Vervollkommnung erfahren, mit der wir ihr Mutterland überflügelten.

Möge der deutschen Technik ein gleicher Triumph auch auf dem Gebiete des Dampfturbinenbaues beschieden sein!

Vorsitzender, Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: M. H.! Der Technische Ausschufs hat in Anbetracht der großen Bedeutung, welche die Dampfturbinenfrage heutzutage für alle Zweige der Technik besitzt, sich erlaubt, die Herren Konstrukteure auch anderer Turbinen und die Gesellschaften, welche diese bauen, für heute einzuladen, um an der Besprechung teilzunehmen. Es ist erklärlich, dafs in dem Vortrage ganz besonders die Parsons-Turbine hervorgehoben ist und ihre Vorteile in den Vordergrund gestellt worden sind. Vielleicht sind aber auch von anderer Seite Vorzüge anderer Bauarten zu betonen.

Wenn bei der Besprechung vielleicht noch einige Fragen beantwortet werden könnten, welche vom Vortragenden nur gestreift sind, so glaube ich, würde das für die Anwesenden nicht uninteressant sein. Die erste Frage ist, ob man Dampfturbinen für Lokomotiven anwenden kann. Die Kolbenmaschine scheint auf die Lokomotive ungünstig einzuwirken, indem sie das Hin- und Herschleudern der Maschine bewirkt und

Digitized by Google

bei schneller Fahrt bedingt, dafs man einen ungemein schweren Oberbau anwenden mufs; vielleicht würde wenn die Turbine dafür anwendbar wäre, auch bei einem leichteren Oberbau eine größere Geschwindigkeit zu erzielen sein.

Ob das möglich ist, würde dann abhängen von einer Frage, die in dem Vortrage nicht beantwortet worden ist, nämlich: ob man die Turbinen auch zum Vorwärts- und Rückwärtsgehen bequem umarbeiten und einrichten kann. Das gehört für eine Lokomotive ebensogut dazu, als wenn man die Turbine als Bewegungsmittel für ein Dampfschiff anwenden will, wo die Turbine ebenfalls vor- oder rückwärts gehen mufs. Mir scheint, der Herr Vortragende habe angedeutet, dafs bei der großen Zahl von Schrauben, die für ein mit Turbinen betriebenes großes Schiff nötig sein würden, einige mit vorwärts-, andere mit rückwärtsgehenden Turbinen ausgerüstet sein sollten.

Interessant war es für mich als Eisenhüttenmann zu hören, dafs vielleicht den Gichtgasmaschinen durch die Turbinen ein Wettbewerb bereitet werden könnte. Ich mufs allerdings sagen, dafs dies deshalb unwahrscheinlich ist, weil die Gasmaschinen in der Hauptsache zum Betriebe der Gebläse dienen müssen und diese nicht durch schnellgehende Ventilatoren ersetzt werden können.

Wie ich zu meiner Freude sehe, sind viele von den Eingeladenen erschienen, nur von der Kommanditgesellschaft Balcke & Co. in Bochum konnte ein Vertreter nicht entsandt werden, es ist vielmehr von der Firma nur eine französische Schrift über die Turbine Rateau und zwei Zeichnungen, die hier ausgestellt sind, vorgelegt worden. Vielleicht wird von dieser Turbine auch in der Besprechung die Rede sein können.

Herr Direktor Neuhaus A. Borsig-Berlin (Borsigwerk): Wir sind dem Studium der Dampfturbinen ebenfalls bereits näher getreten; sind bis jetzt jedoch noch nicht zu Resultaten gekommen, die etwas Neues darstellen. Ich möchte bloß gegenüber der Bemerkung, dafs die Gichtgase für die Kessel verwertet werden und der dadurch erzeugte Dampf in Dampfturbinen lohnend ausgenutzt werden könnte, und eine Konkurrenz für die Großgasmaschine durch die Dampfturbine dadurch entstehen könnte, darauf hinweisen, dafs bei Versuchen, die an einer Großgasmaschine von 750 PS. System von Oechelhäuser von Prof. Eugen Meyer-Charlottenburg vorgenommen worden sind, die von uns gebaut wurde und im Borsigwerk aufgestellt wurde, bei 750 PS. ind. Leistung ein Wärmeverbrauch von 1660 WE. im Mittel nachgewiesen wurde, d. h. also 38 % der im Gas enthaltenen Wärme wird in mechanische Arbeit verwandelt. Ich glaube daher, dafs es noch lange dauern wird, ehe Kessel und Dampfturbinen konstruiert werden, die das aufweisen. Des weiteren ist gerade hier früher schon darauf aufmerksam gemacht worden, dafs minderwertiges Material, z. B. das Gas aus Schlamm von Kläranlagen, in den Gasmaschinen verwendet werden kann. Ich glaube auch nicht, dafs die Ausnutzung dieses Gases unter Kesseln eine derartig gute sein wird, wie sie die Anwendung der Großgasmaschine sicherstellt.

Herr Marinebaumeister Grauert: Ich habe zuerst betont, dafs die Gasmaschine, die die Gichtgase verwertet, wohl der Dampfturbine die Spitze bieten wird, und nur als Möglichkeit gestreift, dafs unter bestimmten Verhältnissen eine Verwertung der Gicht-

gase unter dem Kessel bei Verwendung von Dampfturbinen nicht ausgeschlossen ist. Dabei bin ich mir sehr wohl bewufst, dafs eine derartige Wärmeausnutzung, wie sie von dem Herrn Vorredner gekennzeichnet worden ist, durch eine Dampfturbine nicht erreicht werden kann.

Auf die Frage des Herrn Vorsitzenden wegen des Rückwärtsgehens der Turbinen möchte ich bemerken, dafs bei den bisher erprobten Systemen eine Turbine, welche gleichzeitig für den Rückwärtsgang eingerichtet wäre, noch nicht gefunden wurde. Man ist darauf angewiesen, eine besondere Rückwärtsturbine einzubauen, und zwar wird sie gewöhnlich mit der Niederdruckturbine verbunden. Ich habe dies leider in dem Vortrage zu erwähnen vergessen.

Diese Verwendung einer besonderen Rückwärtsturbine dürfte wohl, abgesehen von den Schwierigkeiten in der durch die Umlaufszahl bedingten Übersetzung, dagegen sprechen, die Turbinen zum Antriebe von Lokomotiven zu verwenden.

Herr Geheimer Baurat Garbe-Berlin: Ich möchte noch einer Bemerkung unseres verehrten Herrn Vorsitzenden etwas hinzufügen oder vielmehr ihr entgegentreten. Die neuerdings verbreitete Furcht vor den hin und hergehenden Massen bei der Lokomotive ist durchaus nicht gerechtfertigt. Bei den jetzigen Versuchen auf der Militärbahn hat die von Borsig nach meinen Angaben gebaute, mit Schmidtschem Rauchkammerüberhitzer ausgerüstete $^3/_4$ gekuppelte Heifsdampflokomotive mit nur 1980 mm Raddurchmesser und nur zwei Hochdruckzylindern doch eine ganz respektable Leistung von 136 km in der Stunde anstandslos erreicht. Solche Geschwindigkeiten zu fahren, m. H., wird uns noch lange nicht beschieden sein; denn dazu brauchen wir einen viel schwereren Oberbau nicht wegen der hin- und hergehenden Massen der Lokomotive, sondern auch wegen der stark vermehrten Beanspruchung der Schienen durch die sämtlichen vermehrten Bewegungen der gekuppelten Wagen. Wir kommen auch aus vielen anderen wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen noch lange nicht zu solch hohen Geschwindigkeiten im regelmäßigen Schnellzugsverkehr und selbst bei Geschwindigkeiten bis 120 km/Stunde ist eine zweizylindrige (Zwillings)-Lokomotive ganz außerordentlich harmlos. Wir brauchen bloß nicht zu viel von den hin und hergehenden Massen abzubalancieren, damit wir keine zu große Ent- und Belastung der Triebräder erhalten, die Kompression und die sogenannten schädlichen Räume in dem Dampfzylinder richtig bemessen und die Schwierigkeiten, welche durch zu großen Kolbendruck entstehen könnten, dadurch beseitigen, dafs wir die Lager und die Zapfen genügend stark machen.

Es ist wohl durch die frühere Konstruktion der kleineren Lokomotiven die Furcht vor den hin und hergehenden Massen hereingekommen. Früher baute man Schnellzuglokomotiven mit einem Laufrade vorn, einem Laufrade hinten und einem großen Triebrade in der Mitte. Da war ein Pendeln um diese Mittelachse bei den vorn überhängenden Dampfzylindern sehr leicht. Bei der heutigen Anordnung der großen Schnellzuglokomotiven, wo die Zylinder gewöhnlich über einem gutkonstruierten Vordergestell liegen und Kessel und Maschinen auf einem sehr langgestreckten Wagen (Untergestell) ruhen, das von mindestens vier Achsen getragen wird und dessen sogen.

fester Radstand sehr lang ist, da verspürt der Wagen und die ganze Lokomotive an sich im schnellen Laufe die Einwirkung der hin und hergehenden horizontalen Massen, die verhältnismäßig klein sind und sehr kleine Wege machen, fast gar nicht, und auch die resultierenden senkrechten und sonstigen sogenannten schädlichen Bewegungen können nicht bemerkenswert schädlicher auf den Oberbau wirken wie die achsbelastenden Elektromotoren oder Turbinen es tun würden.

Also ich möchte recht dringend bitten, dafs man diesen, namentlich von den Vertretern der vierzylindrigen Lokomotiven sehr energisch hineingeworfenen Befürchtungen nicht allzugroßen Wert beilege. Es kommt bei der Lokomotive auf einen langen, festen Radstand und gute Abfederung und gute Maschinenverhältnisse an und da läuft sie bei ihrem kolossalen Gewicht wie ein ruhiger Wagen. Die kleinen Bewegungen, die diese hin und hergehenden Teile der Dampfmaschine dabei machen, sind von geringer Bedeutung.

Bei der großen Wichtigkeit der Sache fühlte ich mich veranlafst, dieses hier sofort zu erklären, wo eine Befürchtung wieder auftaucht, welche, wenn ihr in maßgebenden Kreisen Raum gegeben würde, geeignet ist, den Fortschritt im Bau und Betrieb der Lokomotiven in falsche Bahnen zu lenken, den Bau der teuren Windzylinderlokomotiven über Gebühr zu begünstigen. Wir können aber noch sehr lange, vielleicht für immer, im allgemeinen bei einfachen, zweizylindrigen Lokomotiven bleiben; und was das in wirtschaftlicher Beziehung bedeutet, ist von ganz außerordentlicher Größe, wenn man bedenkt, dafs der Preußische Staat allein in einem Jahre im Neubau für Lokomotiven etwa 45 Millionen Mark braucht, dafs wir 70 Millionen Mark für Kohlen verbrauchen, und dafs wir eine ungeheure Anzahl von großen Hauptwerkstätten mit Lokomotivreparaturen beschäftigen welche durch den Bau von Vierzylinderlokomotiven sich erheblich steigern. Wenn man sich das vergegenwärtigt, kann man die Bedeutung nicht hoch genug schätzen, welche künftige aber einfache und übersichtlich gebaute, verhältnismäßig kleine Lokomotiven für den Eisenbahnbetrieb haben. Immerhin wäre bei sehr großen Geschwindigkeiten über 120 km hinaus die vierzylindrige Lokomotive ein Mittel, die kleinen Störungen durch die hin und hergehenden Massen der Kolbenmaschine besser auszugleichen, sodafs aus diesem Grunde die Dampfturbine für den Betrieb der Lokomotiven nicht nötig wäre. Ich vermag aber auch noch nicht zu erkennen, wie es möglich sein sollte, unsere Lokomotiven mit Dampfturbinen überhaupt, geschweige wirtschaftlich, einzurichten und zu betreiben. Ich bin der Meinung, und ich glaube, dafs wir uns auf dem Gebiete des Lokomotivbaues noch lange damit trösten können: „Lieb Vaterland, kannst ruhig sein,“; da können wir noch lange keine Turbine brauchen trotz ihrer großen Vorzüge, die ich für viele Gebiete gern anerkenne. Der durch Schmidt zur Anwendung gebrachte Heißdampf wird es sein, welcher vorerst die Lokomotive zu größeren Leistungen sowohl in Bezug auf Schnellfahrten wie auf Schleppleistungen bei denkbar größter Einfachheit der Bauart und geringstem Eigengewicht befähigen wird. Seiner Anwendung, bei welcher die Preußische Staatseisenbahnverwaltung bahnbrechend vorgeht, und welche mir zu fördern vergönnt ist, gehört die Zukunft im Lokomotivbau und -Betrieb.

Vorsitzender: Ich bitte weiter das Wort zu nehmen, es könnte sonst scheinen, als wenn allseitig die Überlegenheit der Parsons-Turbine über alle anderen Arten unumwunden anerkannt wird.

Herr Regierungsbaumeister Tischbein: (Gesellschaft für elektrische Industrie Karlsruhe.) Ich möchte mich nun doch nicht vollständig in Schweigen hüllen, will mich aber darauf beschränken, lediglich einige Einzelheiten anzuführen, die der Elektradampfturbine eigentümlich sind und die bei einem allgemeinen Bericht über den Stand der Dampfturbinenfrage begreiflicherweise nicht berücksichtigt werden konnten.

Wer die Entwicklung des Dampfturbinenbaues verfolgt, dem wird ohne weiteres klar sein, dafs trotz der scheinbar großen Einfachheit dieser Maschine ihre Konstruktion nicht von heute auf morgen zu Ende geführt werden konnte, dafs vielmehr der Weg, den der Konstrukteur zu einer vollkommenen Durchbildung seiner Gedanken zu gehen hatte, in jeder Beziehung ein dornenvoller war, und dafs zwischen der Fassung des konstruktiven Gedankens und seiner Durchbildung für die Praxis eine lange Zeit ernster Arbeit liegt.

Ich will nur erwähnen, dafs die erste Konstruktion auf die jetzt von der Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe gebaute Dampfturbine schon aus dem Jahre 1895 stammt.

Erst seit einigen Jahren trat die Karlsruher Gesellschaft der weiteren konstruktiven Durchbildung und dem Bau dieser Dampfturbine näher und es ist ihr nunmehr gelungen, nach einer nahezu zweijährigen Versuchszeit zu Beginn dieses Jahres die Typen von 10—100 PS. auf den Markt zu bringen.

Wie gesund das Prinzip, welches der Konstruktion zu Grunde liegt, war, ergibt sich am besten aus der Möglichkeit, es verhältnismäßig einfach konstruktiv durchzubilden.

Aus den wenigen Strichen der schematischen Darstellung ergibt sich das wesentliche der Konstruktion.

Die Turbine ist eine mehrfache Aktionsturbine und dadurch gekennzeichnet, dafs das Triebmittel, Dampf, Gas oder Luft, nachdem in der Einströmungsdüse die gesamte ihm innewohnende Energie vollständig in Geschwindigkeit umgesetzt ist, zur Erlangung einer für die Praxis brauchbaren Tourenzahl mehrmals ein und demselben Laufrad zugeführt wird.

Eine Richtungsumkehr des Dampfes ist dadurch vermieden, dafs im Gegensatz zu anderen Konstruktionen, die Anordnung der Düsen so getroffen wurde, dafs sie im Sinne der Umdrehungsrichtung des Laufrades einander folgen (vergl. Abbild. 16). Dafs der bei den einzelnen Düsen gewählte Eintrittswinkel der Bedingung des stoßfreien Eintritts des Triebmittels Genüge leistet, sei nur nebenbei erwähnt.

Von den Einzelheiten der Konstruktion möchte ich nur die wesentlichen hervorheben. Wie die Darstellung ohne weiteres ergibt, sind Ein- und Ausströmungskanal um die eigentliche Turbine herumgeführt und in einem gemeinschaftlichen Gehäuse gelagert. Diese Anordnung bezweckt einmal eine schnelle Vorwärmung und dann eine

dauernde und gleichmäßige Erwärmung der inneren Teile und so einen sicheren Schutz gegen irgendwelches Streifen des Laufrades.

Dieses ist zudem schon deshalb nicht zu befürchten, da die Spalte beim Fehlen eines praktisch in Rücksicht zu ziehenden Druckgefälles im Innern der Turbine reichlich dimensioniert werden können, ohne dafs dadurch Spaltverluste entständen, die auf den Dampfverbrauch einen wirtschaftlich ungünstigen Einfluſs auszuüben in der Lage wären.

Die Träger der Düsen: Das äußere und innere Leitrad sind aus Gufseisen hergestellt. In sie hinein ragt der Schaufelkranz des Laufrades. Dieses selbst ist in einfacher Weise aus Stahl bezw. Schmiedeisen hergestellt und auf der gleichfalls stählernen Welle befestigt.

Der Schaufelkranz selbst ist aus einzelnen Stahlschaufeln gebildet, deren Herstellung keinerlei Material von außergewöhnlichen Festigkeitseigenschaften erfordert, da die Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades nur 60—80 m beträgt.

Die Schaufeln selbst werden in den erforderlichen Längen aus gezogenem Façonstahl geschnitten, dessen Profil so bemessen ist, dafs die Schaufeln einzeln aneinander gelegt den vollständigen Laufkranz bilden. Im wesentlichen ist also zu ihrer Bearbeitung vor ihrer Befestigung auf der Laufradscheibe nur das Einfräsen des Dampfkanals notwendig.

In ihrer Lage werden die Schaufeln durch einen aufgepreisten oder aufgeschrumpften Ring unverrückbar festgehalten.

Der Vorteil der Verwendung eines mit einzelnen Schaufeln besetzten Laufrades gegenüber einer Konstruktion, bei der die Schaufeln aus dem Vollen gefräst werden, ist so in die Augen springend, dafs ich nicht besonders darauf einzugehen brauche. Zwar wird die Möglichkeit, einzelne defekt gewordene Schaufeln leicht zu ersetzen, kaum ausgenutzt werden, da der Fall ihres Defektwerdens voraussichtlich überhaupt nicht eintreten wird, wenigstens ist während der Dauer unserer Versuche ein Laufraddefekt nicht vorgekommen.

Es sei ferner darauf hingewiesen, dafs eine Turbine unserer Konstruktion sich ohne irgendwelche Schwierigkeiten als Doppelkranzturbine ausführen läfst, wodurch die Möglichkeit geboten wird, die Turbine ohne Schwierigkeit reversierbar einzurichten. Die Elektradampfturbine gestattet also die Lösung eines Problems, das bei anderen Systemen große Schwierigkeiten macht, in sehr einfacher Weise, ohne dafs dadurch ihr schmaler Bau irgendwie wesentlich beeinflufst wird.

Wie ich schon eingangs meiner Ausführungen erwähnte, hält sich die Umdrehungszahl in Grenzen, die den direkten Antrieb elektrischer Generatoren ohne sonderliche Schwierigkeiten gestatten. Werden normale Generatoren gewünscht, kann Riemenantrieb gewählt werden.

Die minutliche Umdrehungszahl der Dampfturbine beläuft sich bei der 100 PS. auf 2500, bei der 50 PS. auf 3000 und bei der 10 PS. auf 4000. Die Werte für die Umdrehungszahl der 30- und 70pferdigen Turbine liegen zwischen den vorgenannten.

Was den Dampfverbrauch der Turbine anlangt, so sind, wie ich zugeben mufs, die von mir zu nennenden Werte bisher lediglich durch Versuche unserer eignen In-

genieure festgestellt worden. Es liegt aber auf der Hand, dafs jede Firma, welche die bekannten, gebräuchlichen, schweren Bedingungen bei der Lieferung von Dampfturbinen übernimmt, sich wohl hüten wird, die Dampfverbrauchsziffern günstiger anzugeben, als sie dem Dauerbetrieb entsprechen.

Bei 100 PS. Dampfturbine beträgt der Dampfverbrauch für die eff. PS.-Stunde 9 kg, unter der Voraussetzung einer Überhitzung von 50° und beim Vorhandensein einer Kondensationsanlage, die ein Vakuum von 90 % des Atmosphärendruckes gewährleistet. Unter den gleichen Bedingungen beläuft sich der Dampfverbrauch einer 50 PS. Turbine auf 10 kg und bei einer 10 PS. Turbine auf 12,2 kg.

Es ist nun ohne weiteres zuzugeben, dafs eine gute Verbunddampfmaschine diese Werte zum Teil erreicht, wenn nicht sogar übertrifft. Man darf aber dabei nicht außer acht lassen, dafs man bei einem objektiven Gegenüberstellen eine Dampfturbine mit einem Laufrad auch nur mit einer Ein-Zylindermaschine bezüglich ihres Dampfverbrauches in Vergleich ziehen kann. Eine Verbunddampfturbine unseres Systems mit zwei oder drei Laufrädern, wird jedenfalls günstigere Dampfverbrauchsziffern erreichen, als die gegenwärtig als normal gelieferte Ein-Laufradturbine.

Die Frage, ob sich diese Dampfverbrauchsziffern bei halber oder ein viertel Belastung der Turbine in ungünstiger Weise verändern, kann dahin beantwortet werden, dafs der Regulierung der Elektradampfturbine, abgesehen von ihrer außerordentlichen Empfindlichkeit, auf die ich nachher noch zurückkommen werde, der weitere Vorteil eigen ist, dafs durch sie der Querschnitt der Einströmungsdüse immer nur proportional verändert wird und sich lediglich die einströmende Dampfmenge, niemals aber die Dampfgeschwindigkeit bei den Belastungsschwankungen ändert. Für die vorerwähnte Empfindlichkeit des Regulators zeugt am besten die Tatsache, dafs bei plötzlichen Belastungsschwankungen eine maximale Tourenschwankung von 5 % garantiert werden kann.

Nun wurde vorhin erwähnt, dafs die Dampfturbine bei Konkurrenz mit der Großgasmaschine einen schweren Stand haben würde; es ist dies eine Ansicht, deren Berechtigung bei dem heutigen Stand der Frage keinesfalls zu bestreiten ist. Es ist aber, wie diejenigen Herren, die sich näher mit der Turbinenfrage beschäftigt haben, auch wissen, von verschiedenen Seiten bereits der Versuch gemacht worden, durch die Konstruktion einer Gasturbine die Gasmaschine auf ihrer eigensten Domäne anzugreifen. Was diese Versuche, soweit sie seitens der Gesellschaft für elektrische Industrie angestellt wurden, anlangt, so kann ich nur mitteilen, dafs dieselben zwar zur Zeit als abgeschlossen nicht zu betrachten sind; es ist aber zu erwarten, dafs wir schon in verhältnismäßig kurzer Zeit mit positiven Vorschlägen an die Öffentlichkeit treten werden.

Ich möchte mich in meinen Ausführungen nicht weiter in Einzelheiten vertiefen und dieselben lieber für heute schließen. Selbstverständlich bin ich gerne bereit, denjenigen Herren, die sich speziell für die Turbinenkonstruktion interessieren, weitere Auskünfte zu geben.

Herr Ingenieur Alfred Frühling i. Fa. Balcke & Co.: Die Firma Balcke & Co. ist auch zu der heutigen Sitzung eingeladen worden, und ich bin nach-

träglich in die Lage gekommen den Vortrag anzuhören. Für uns hatten die Dampfturbinen zunächst nur sekundäres Interesse. Wir waren nur insofern an der neuen Bewegung beteiligt, als es, wie bereits der Herr Vortragende erwähnte, für den guten ökonomischen Betrieb von Dampfturbinen besonders wichtig ist, eine sehr hohe Luftleere zu erzielen. Den diesbezüglichen Forderungen der Turbinenfabrikanten mufsten wir nachkommen und unsere Konstruktionen speziell für den Turbinenbetrieb einrichten. Wir schafften auch den Anforderungen der Turbinenindustrie entsprechende Konstruktionen mit hohem Vakuum und zwar durch strikte Durchführung des Gegenstromprinzips und vor allen Dingen durch unsere trockenen, mit hohem Wirkungsgrade arbeitenden Luftpumpen. Weiter aber lag uns als Firma, die speziell durch Ausnutzung des Abdampfes den Betrieb bereits bestehender Anlagen wirtschaftlicher zu gestalten sich bemüht, die Frage nahe, ob es nicht möglich ist, die Dampfturbinen auch für bereits vorhandene Anlagen dazu zu benutzen, um das, was bislang an Abdampf ungenutzt in die Luft gegangen ist, wieder auszunutzen, oder um einen Teil der Wärme, der bei den heut bestehenden Kondensationsanlagen nutzlos vernichtet wird, noch weiter kraftbringend zu verwenden.

Bei den normalen Kolbendampfmaschinen hat man sich im allgemeinen mit einem Vakuum von 80—85 % und mit der dadurch erzielten Kohlenersparnis begnügt. Es sind Versuche gemacht worden, die Wärme, die hierbei noch nutzlos totgemacht wird, zu verwerten. Ich erinnere an die Versuche des Herrn Professors Josse mit Dampfmaschinen für schweflige Säure. Es wird hier die Wärme des Abdampfes benutzt, um unter hohem Druck schweflige Säure zu verdampfen. Diese hochgespannten Schwefligsäuredämpfe arbeiten genau wie Wasserdampf in einer Maschine, die sich wenig von einer normalen Dampfmaschine unterscheidet, und die schweflige Säure wird nach Arbeitsverrichtung wieder mit möglichst geringer Spannung verdichtet. Diese Versuche haben wohl zu guten Erfolgen bezüglich der Erhöhung der Leistung von Kraftanlagen bei einem gegebenen Dampf- bezw. Kohlenverbrauch geführt.

Die Schwierigkeit für die praktische Verwendbarkeit liegt nur darin, dafs schweflige Säure, wenn sie mit Wasser in Berührung kommt, Schwefelsäure erzeugt.

Wir sind daher auf den Gedanken gekommen, ob sich nicht der Abdampf in Niederdruckdampfturbinen verwenden läfst, und ich möchte bezüglich dieser Frage, die während des ganzen Vortrages nicht gestreift worden ist, einiges bemerken.

Wir haben uns dem System des Herrn Professor Rateau in Paris zugewendet; nämlich die Dampfmaschinen bestehender Anlagen nicht mit Kondensation arbeiten zu lassen, sondern den Abdampf mit atmosphärischer Spannung zum Treiben von Niederdruckdampfturbinen zu benutzen. Nun möchte ich bemerken, dafs, nachdem wir auch für Deutschland und Luxemburg das Alleinausführungsrecht von Herrn Professor Rateau erworben haben, wir nicht die Absicht haben, französische Turbinen zu benutzen, sondern es kann vielmehr jede einzelne Dampfturbine, welchen Systems sie auch sei, für unsere Zwecke nutzbar gemacht werden, vorausgesetzt, dafs uns eine Dampfturbine geliefert wird, die möglichst ökonomisch Dampf von atmosphärischer Spannung bis auf 90 % Vakuum verarbeitet. Das Vakuum wollen wir dann schaffen.

Die Idee ist noch insofern wichtig, als es bislang in sehr vielen Fällen nicht möglich gewesen ist, den Abdampf nur periodisch arbeitender Maschinen, wie Fördermaschinen, Walzenzugsmaschinen, Pressen usw. auszunutzen.

Die Bergleute haben sich bislang wenig geneigt dazu gezeigt, Fördermaschinen an Kondensationsanlagen anzuschließen, vor allen Dingen, weil die Fördermaschinisten nicht gern mit unter Vakuum stehenden Maschinen manöverieren, da nach ihrer Meinung diese Maschinen zu leicht durchgehen.

Um für derartige Anlagen, bei denen der Abdampf bislang in großen Massen unausgenutzt in die Luft gegangen ist, einen ökonomischen Betrieb zu erzielen, hat Herr Professor Rateau einen großen Wärmeakkumulator angeordnet. Er läfst den Abdampf mit atmosphärischer Pressung in einen großen Kessel hineingehen, und in diesem Kessel wird der periodische Dampfstrom verwandelt und zwar dadurch, dafs er seine Wärme zunächst an Wasser oder an ein Wärme aufnehmendes Medium abgibt. In den Perioden, in denen die Fördermaschine usw. arbeitet, wird ein Teil des Dampfes zum Betrieb der Niederdruckdampfturbine verwendet werden. Der überschießende Teil wird aufgespeichert. Arbeitet die Fördermaschine oder Walzenzugsmaschine usw. nicht, so wird der Dampfdruck im Akkumulator sinken, weil die Niederdruckdampfturbine weiterarbeitet. Es wird also von der aufgespeicherten, zum Teil kondensierten Dampfmenge Dampf nachverdampfen, und so wird ein konstanter Dampfstrom von praktisch konstanter Pressung erzielt.

Ich meine, das ist ein Gebiet, das der Erwähnung wert ist, und das der Herr Vortragende meiner Ansicht nach nicht berücksichtigt hat. Ich denke, es würde immerhin von Wert sein diese Betriebsart weiter zu verfolgen und zu vervollkommnen.

Herr Baurat Max Krause: Ich möchte eine Bemerkung des Herrn Vorredners nicht unwidersprochen lassen, und zwar deshalb, weil Herr Professor Josse nicht hier ist. Der Herr Vorredner hat darauf hingewiesen, dafs die mit Schwefligsäuredampf betriebenen Abwärmekraftmaschinen des Herrn Professor Josse nicht die erwartete Verbreitung gefunden hätten und hat dann eine mystische Andeutung gemacht, dafs, wenn schweflige Säure mit Wasser in Berührung käme, Schwefelsäure entstände. Diese Behauptung ist einerseits nicht zutreffend, andererseits ohne jede Bedeutung für die Jossesche Maschine. Professor Josse hat wiederholt betont, dafs er auf Grund ausgedehnter Versuche sich dafür entschieden hat, schweflige Säure als Medium für seine Abwärmemaschine zu benutzen, weil sie am vorteilhaftesten sei und erfahrungsgemäß große Mengen von Schwefligsäuremaschinen seit langen Jahren mit ausgezeichnetem Erfolge arbeiteten. Ich glaube, es würde dem Herrn Vorredner schwierig sein, auch nur einen einzigen Fall festzunageln, wo bei einer Josseschen Maschine durch Bildung von Schwefelsäure ein Nachteil oder Schaden entstanden sein sollte.

Herr Ingenieur Emil Sinell: Ich möchte mir gestatten, zu den aufgeworfenen Fragen einige Bemerkungen zu machen. Die erste Frage war, ob die Dampfturbine für Lokomotiven Verwendung finden kann. Wenn man diese Frage beantworten will, mufs man auf die Eigenart der Turbine eingehen. Sie ist nur wirtschaftlich bei weitgetriebener Expansion und hohem Vakuum. Da das letztere bei einer Lokomotive

schwierig herzustellen ist, so glaube ich, dafs dadurch wohl die Frage hinfällig wird: die Turbine ist also für Lokomotiven nicht zu verwenden. Die Frage der Gewichtsersparnis spielt nach meiner Meinung bei der Lokomotive gegenüber den anderen Gewichten keine solche Rolle.

Dann ist die Frage aufgeworfen worden, ob man die Dampfturbine noch zu anderen Zwecken verwenden kann, als zum Betrieb von Dynamos, und da ist meines Erachtens eine Verwendungsart nicht genügend betont worden: das ist der Betrieb von Wasserhaltungsanlagen. Bisher hat man in Bergwerken für Wasserhaltungsanlagen hauptsächlich Kolbenpumpen angewendet. Aber die Frage der Verwendung von rotierenden Hochdruckpumpen ist keine in der Luft schwebende, sondern es sind von mir bereits große Wasserhaltungsanlagen im Betrieb mit Hochdruck-Zentrifugalpumpen bis 1000 Pferdekraft pro Pumpe, und es können Förderhöhen bis zu 400 m und noch mehr mit einer einzigen Pumpe erreicht werden. Solche Pumpen erfordern Umdrehungszahlen von 1000—1500 in der Minute. Sie stimmen mit denen einer 1000pferdigen Dampfturbine gut überein und es liegt daher keine Schwierigkeit vor, die Dampfturbine mit jenen Pumpen unmittelbar zu kuppeln, ebenso wie bei Dynamomaschinen. Das ist ein Verwendungsfeld, das aussichtsvoll ist und das ich nicht unterlassen möchte zu erwähnen.

Was die Frage anbetrifft, ob die Turbine mit der Gasmaschine in Konkurrenz treten kann, so läfst sich das nicht allgemein kurz abmachen. Es gibt Fälle, wo die Turbine gegenüber einer Gasmaschine selbst dann in Wettbewerb treten kann, wenn Abgase der Hütte oder der Hochöfen vorhanden sind. Ich kenne ein Projekt für eine große elektrische Zentrale, wo zwar Abgase zur Verfügung stehen, die aber nicht ausreichen, um den ganzen Bedarf an elektrischer Energie zu erzeugen. Es mufs daher eine Kesselanlage hinzugenommen werden, damit man den größeren Teil der elektrischen Energie durch Dampfkraft erzeugen kann, und in solchen Fällen würde die Vereinigung einer Gasmaschine mit einer Anzahl von Dampfturbinen große Komplikationen hervorrufen, sodafs die Verwendung von Turbinen wohl in Frage kommen kann gegenüber Gasmotoren. Die Durchrechnung eines derartigen Projektes hat ergeben, dafs in der Tat die gesamten Betriebsverhältnisse sich wesentlich wirtschaftlicher gestalten, wenn man in diesem Falle nur Dampfturbinen verwendet und die Gasmaschine ganz ausschließt, indem man die Abgase durch Verbrennen unter dem Kessel ausnutzt. Wenn auch hierbei die thermische Ausnutzung der Abgase schlechter wird als durch deren Verbrennung in der Gasmaschine, so wird doch diese schlechtere Ausnutzung durch andere Vorteile vielfach aufgehoben. Ich möchte durch Anführen dieses Beispiels den Nachweis liefern, dafs diese Frage nicht allgemein zu beantworten ist, sondern nur von Fall zu Fall entschieden werden kann.

Herr Ingenieur R. Marggraff, Vertr. von A. Borsig: Der Vorredner hat eben davon gesprochen, dafs die Dampfturbine sich dazu eignen würde, mit Centrifugalpumpen direkt gekuppelt zu werden, um so als unterirdische Wasserhaltung bei großen Druckhöhen zu dienen.

In den meisten Fällen könnte man die Dampfkessel, die hierzu erforderlich sind, nicht unten in den Gruben aufstellen, und wäre es dann auch keinesfalls zweckmäßig, die Turbinenanlage im Schacht aufzustellen.

Es wäre der große Nachteil damit verbunden, dafs der Dampf von den über Tage stehenden Kesseln erst etwa 400—600 m in den Schacht geleitet werden müfste.

Turbinen sind aber, wie im Vortrag besonders hervorgehoben, hauptsächlich mit überhitztem Dampf und hohem Vakuum vorteilhaft zu verwenden.

Bei der langen Dampfleitung im Schacht würde nicht nur die Überhitzung gänzlich verloren gehen, sondern auch der Dampf zum großen Teil kondensieren.

Auch ist es sehr schwierig, eine gute Kondensation, die ein hohes Vakuum erzeugt, im Schacht anzubringen, da das Kondenswasser auch schwer entfernt werden kann.

Ich glaube deshalb nicht, dafs die Dampfturbine sich als unterirdische Wasserhaltung eignet.

Früher hat man allerdings unterirdische Wasserhaltungsmaschinen mit Dampfbetrieb eingebaut, hat sie aber bereits in den siebziger Jahren durch solche ersetzt, die mit komprimirter Luft getrieben wurden. Auch hierbei haben sich Schwierigkeiten und besonders bedeutender Kraftverlust ergeben.

Mit der Ausbildung der elektrischen Kraftübertragung hat man die Pumpen dann elektrisch angetrieben, und findet dies immer mehr Anwendung.

Ich halte die Aufstellung der Dampfturbine im Schacht nicht für angebracht.

Herr Ingenieur Sinell: Dem Herrn Vorredner möchte ich erwidern, dafs in allen denjenigen Fällen, wo man über Tage eine elektrische Zentralanlage hat, es wohl niemandem einfallen wird, unter Tage eine Dampfturbine zum Betrieb von Pumpen aufzustellen. Es gibt aber viele Fälle, namentlich bei dem Abteufen der Schächte, wo man unter Tage durch Dampf betriebene Pumpenanlagen aufstellen mufs, weil noch keine elektrische Zentrale vorhanden ist, oder gar keine hergestellt werden soll, weil außer für Wasserhaltungszwecke keine andere Kraft benötigt wird. In diesem Falle erfolgt dann zweckmäßig die Wasserhebung durch Zentrifugalpumpen in unmittelbarer Verbindung mit den Dampfturbinen. Die Kondensation des Dampfes macht keine Schwierigkeit, indem man einen Strahlkondensator anwendet und das hierfür benötigte Wasser durch eine kleine Hilfspumpe auf die erforderliche Höhe von etwa 6—8 m hebt, so dafs es dann wieder in den Sumpf zurückfließt.

Vorsitzender: Dem Herrn Vortragenden sage ich den verbindlichsten Dank für den hochinteressanten und klaren Vortrag, wie auch allen den Herren, die sich an der Besprechung dieses für unsere Zeit hochwichtigen Themas beteiligt haben.

Druck von Leonhard Simion Nf in Berlin SW.

Nachtrag zum Bericht über die Sitzung vom 1. Februar 1904.

Technische Tagesordnung.

Moderne Dampfmaschinen.

Herr Zivilingenieur Lichtensteiner-Berlin: Meine Herren, die Dampfmaschine hat während der langen Zeit ihres Bestehens verschiedentlich Wandlungen erfahren, um sich den steigenden Anforderungen in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, geringe Anschaffungskosten sowie geringeren Platzbedarf anzupassen, um mit neu auftauchenden Kraftmaschinen erfolgreich in Wettbewerb treten zu können.

So wurde vor einigen Jahren der mit erhöhter Wirtschaftlichkeit verbundene Betrieb mit hochgespanntem und überhitztem Dampf allgemein eingeführt, der die Erkenntnis zur Folge hatte, dafs für denselben lediglich nur das Ventil als brauchbares Steuerorgan in Betracht kommen könne, da dieses im Gegensatze zu Schiebern und Hähnen durch den Dampfdruck

1. nur eine geringe Belastung erfährt,
2. geringes Gewicht besitzt,
3. keinerlei schleifende und der Abnutzung durch Reibung ausgesetzten Abdichtungsflächen besitzt und
4. Deformationen infolge hoher Temperatur keinerlei Einfluſs auf das gute Dichthalten sowie auf den geringen Kraftbedarf besitzen.

Heute steht die Kolben-Dampfmaschine mit den in kurzer Zeit sich sehr rasch entwickelnden und für den Schnellbetrieb außerordentlich geeigneten Dampfturbinen in Wettbewerb, die sich hauptsächlich durch geringen Platzbedarf auszeichnen, während sie in Bezug auf Wirtschaftlichkeit allerdings den Kolbendampfmaschinen noch nachstehen und zwar um so erheblicher dann, wenn sie für Betrieb mit stark schwankender Belastung dienen sollen.

Aufgabe der Dampfmaschinenkonstrukteure ist es in Hinsicht auf diesen Motor, ihre Kolbendampfmaschinen derart auszustatten, dafs sie durch Verwendung hoher Umdrehungszahlen inbezug auf Platzbedarf und geringe Anschaffungskosten denselben gleichkommen, was im Verein mit der größeren Wirtschaftlichkeit des Betriebes die Überlegenheit der Kolbendampfmaschine über die Turbine neuerdings herstellt.

Die Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vorm. Ph. Swiderski zu Leipzig-Plagwitz hat auf Grund dieser Erwägungen den Bau von schnellaufenden Ventilmaschinen nach dem System Lentz aufgenommen und mit demselben auch außerordentlich günstige

Resultate erzielt, und ich will Ihnen an Hand von Lichtbildern die Konstruktionen derselben vorführen.

Fig. 1 zeigt die Lentzsteuerung für liegende Maschinen. Dieselbe zeichnet sich durch sehr geringe Massen und wenig Drehpunkte aus und eignet sich für außerordentlich hohe Tourenzahlen; während die gebräuchlichen zwangläufigen Steuerungen, z. B. die zwangläufige Collmannsteuerung für eine Höchstzahl von 150 Umdreh. in der Minute sich eignen, ist die Lentzsteuerung auch mit 350 Umdrehungen in der

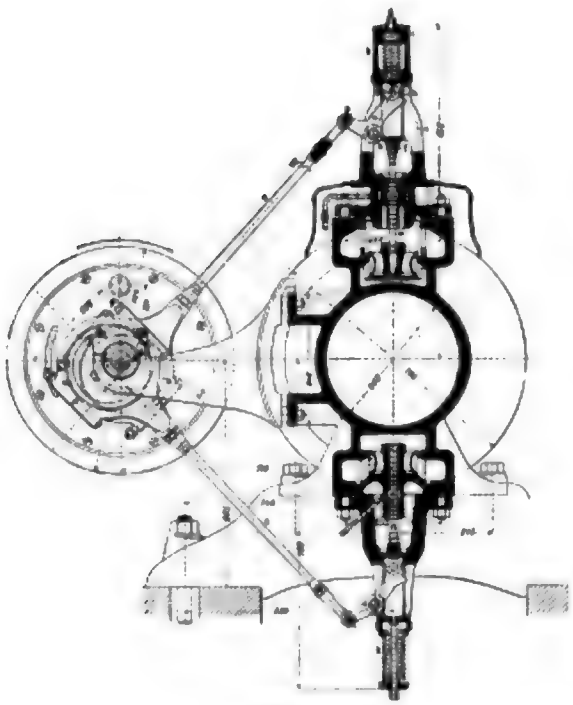


Fig. 1.

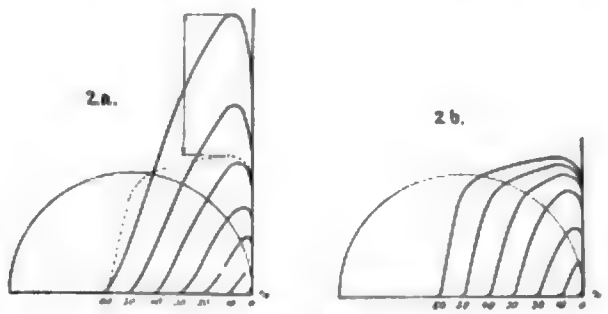


Fig. 2.

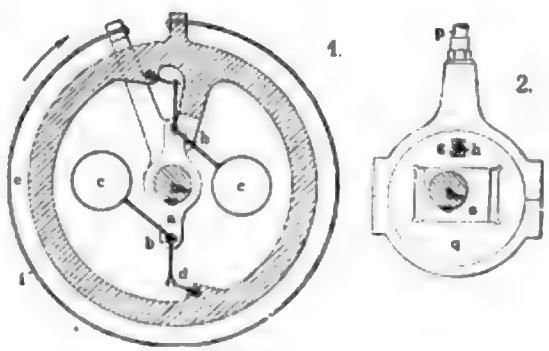


Fig. 3.

Minute ohne weiteres verwendet worden und ist kein Grund vorhanden, bei derselben die Tourenzahl nicht noch weiter zu erhöhen. Sie besteht in der Hauptsache aus einem Daumenhebel, der durch einen Exzenter unmittelbar betätigt wird und andererseits gegen eine in der Ventilspindel befestigte Rolle wirkend, das federbelastete Ventil unmittelbar und zwangläufig derart betätigt, dafs ein rasches Öffnen und rasches Schliefsen mit sanftem Aufsitzen des Ventiles erzielt wird.

Die Steuerungen für Auslafsventile sowie für Einlafsventile von Mittel- und Niederdruckzylindern werden durch Exzenter betätigt, die auf der Steuerwelle festsitzen, während die Steuerungen für die Einlafsventile des Hochdruckzylinders durch unter Einfluss des Beharrungsachsenreglers stehende Exzenter angetrieben werden.

Die Einlafsexzenter sitzen verschiebbar auf Prismen, die mit der Steuerwelle fest verbunden sind und können durch den Regler in der Art verstellt werden, dafs

Digitized by Google

sich den jeweiligen Belastungen der Maschine entsprechend Exzentrizität und Voreilwinkel verändern.

Die Verbindung des Exzenters mit dem Regler wird dadurch hergestellt, dafs ein an dem Trägheitsring des letzteren befindlicher und von einem Stein umschlossener Bolzen in das Exzenter eingreift.

Fig. 2b zeigt die Ventilerhebungsdiagramme der Lentzsteuerung und sind zum Vergleich auch noch die Ventilerhebungsdiagramme einer der älteren, jedoch noch außerordentlich viel gebauten zwangläufigen Ventilsteuerungen mit Wälzhebeln daneben gestellt. (Fig. 2a.)

Wie der Vergleich ergibt, sind die Diagramme der Lentzsteuerung wesentlich günstigere, da es nicht nötig ist, zwecks Erzielung einer raschen Schlufsbewegung so bedeutende unnütze Überhebungen zuzulassen, die nur mehr Kraft verbrauchen und die Abmessungen des Steuermechanismus wesentlich vergrößern.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung des zur Regelung der Dampfverteilung dienenden Lentzschen Beharrungsachsenreglers.

Der Regler besteht aus dem auf der Welle befestigten Pendelträger *a*, an dem mittels Bolzen *b* die Pendelgewichte *c* drehbar befestigt sind. Letztere sind mittels der Schliefsen *d* mit dem auf die Welle lose aufgeschobenen Schwungring *e* gelenkig verbunden. Dem durch die Pendelfliehkräfte entwickelten, eine Verdrehung des Schwungringes anstrebenden Drehmomente wirkt das durch die Spannung einer kreisförmigen Biegungsfeder *i* erzeugte statische Moment entgegen. Die Feder ist einerseits an dem Schwungringe, andererseits an dem auf der Welle sitzenden Pendelträger befestigt; sie besitzt gegenüber den üblichen zylindrischen Torsionsfedern mannigfache Vorteile. Vor allem bedingt die einfache Form dieser Feder eine leichte Herstellung; dann braucht sie wenig Platz, ist zentral aufgehängt und läfst trotzdem die Anbringung des Reglers auf einer durchgehenden Welle zu. Weiter ist das Material viel günstiger beansprucht und der zwar nur geringe Einfluss der Federfliehkräfte leichter und genauer zu ermitteln. Wie später erläutert wird, läfst sich die Feder durch Aufziehen sehr leicht nachspannen und ihre freie Länge durch Abdecken leicht verändern, was den Vorteil hat, dafs der Regulator bei der Montage leicht zu adjustieren ist, und dafs die Umlaufzahl mit Hilfe einfacher Vorkehrungen während des Ganges der Maschine verändert werden kann.

Die Wirkungsweise dieses Reglers läfst sich an dem Schema verfolgen.

Im Ruhezustande der Maschine sind die Pendel ganz zusammengeklappt und der Schwungring befindet sich in seiner vordersten Lage.

Beim Anlassen der Maschine wird der Beharrungsring durch die Feder solange mitgenommen, bis mit zunehmender Drehgeschwindigkeit die Pendel ausfliegen. Die Feder wird dann gespannt, der Beharrungsring, der bereits die Geschwindigkeit der Maschine angenommen hat, zurückgezogen und die Steuerung auf die entsprechende Füllung eingestellt.

Ist die von der Maschine entwickelte Arbeit gleich der von ihr abgegebenen, so halten die Pendelfliehkräfte der Federspannung das Gleichgewicht; der Trägheitsring hängt frei zwischen der Feder und den Pendeln und macht die Drehbewegungen der Steuerwelle mit.

Digitized by Google

Will aber bei einer Mehrbelastung der Maschine die Geschwindigkeit derselben abnehmen, so eilt die Ringmasse infolge ihrer Trägheit vor, veranlafst im Vereine mit der tangential wirkenden Massenträgheit der Pendel ein Zusammenziehen derselben und stellt eine größere Füllung ein.

Bei einer Entlastung der Maschine tritt der gleiche Vorgang in umgekehrtem Sinne auf; der Ring bleibt zurück, die Pendel fliegen aus, die Feder erhält eine Spannungszunahme und die Füllung wird verringert.

Dieser Regler besitzt, da er schon dann zu verstellen beginnt, wenn eine Geschwindigkeitsänderung erst angestrebt wird und nicht erst dann, wenn dieselbe schon vollzogen ist — wie letzteres bei den gewöhnlichen Achsenreglern der Fall ist —, fast gar keine Unempfindlichkeit; da ferner die Regulierung schon in verschwindend kurzer Zeit vollendet ist, so bleibt der Maschine viel zu wenig Zeit, um ihre Massen zu beschleunigen — sie wird daher eine äußerst gleichförmige Bewegung ausführen.

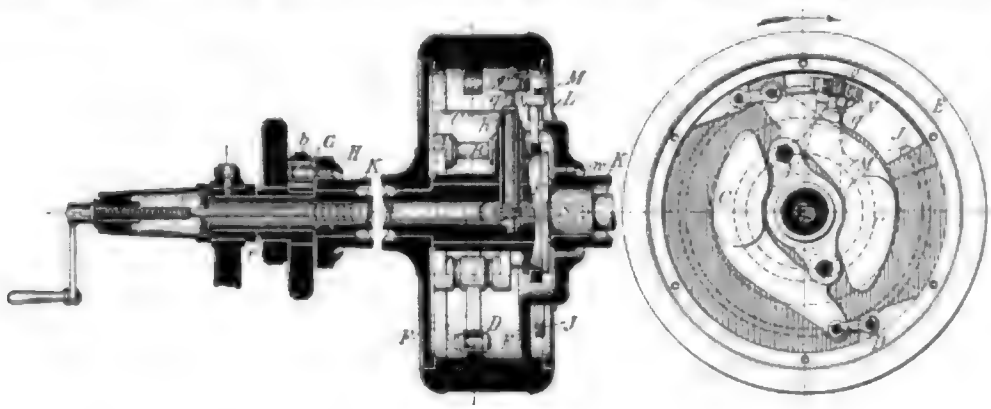


Fig. 4.

Fig. 4 veranschaulicht die Konstruktion eines solchen Reglers für liegende Maschinen im Schnitt und in der Ansicht von links bei abgenommenem, linksseitig angebrachtem Deckel.

Der Schwungring E ist durch einen Deckel F geschlossen und beiderseits mit halsartigen Verlängerungen K versehen, die an den Enden zu Scheiben ausgebildet sind. Letztere tragen je einen von Steinen G umschlossenen Bolzen H, der in den Schlitz des betreffenden Einlafsexzenters greift und damit in einfachster Weise die Verdrehung des Schwungringes E in eine Verschiebung des Einlafsexzenters umsetzt.

Der Trägheitsring, an dem die Feder J unmittelbar angreift, ist so ausgebildet, dafs letztere in eine besondere, mit dem Deckel L geschlossenen Kammer zu liegen kommt, womit das Auswechseln der Feder ungemein erleichtert wird. Um die Feder nachspannen zu können, ist sie mit dem anderen Ende nicht unmittelbar an dem Pendelträger A, sondern an einem auf dessen Nabe verstellbaren Arme M befestigt, der durch eine Schraube in seiner gewünschten Lage festgeklemmt werden kann.

Um die Feder behufs Verstellung der Tourenzahl z. B. für das Parallelschalten elektrischer Maschinen auch während des Betriebes nachspannen zu können, befindet

sich, wie aus der zweiten Figur ersichtlich, an dem Arme *M* ein Zahnbogen *N*, in den die Zähne des mit einem Kegelrad *o* und einem Stirnrad *P* versehenen Bolzens *q* eingreifen, der mittelst der zweiteiligen Büchse *R* in der Welle und in dem Pendelträger gelagert ist. Die Welle ist in diesem Falle noch mit einer zweiten axialen Bohrung versehen, in der die durch Schraube oder Keil gerade geführte Zahnstange *S*, welche in das Stirnrad *P* eingreift, sich verschieben läfst. Die Zahnstange ist mittels der Kuppelung *T* mit der in einem festen Maschinenteil (Konsole) gerade geführten Schraubenspindel *v* drehbar verbunden. Letztere ist von einer mit Handrad oder dergl. versehenen Mutter umschlossen, die in einem festen Maschinenteil — gegen Längsverschiebungen gesichert — gelagert ist, sodafs bei deren Drehung die Spindel *v* verschoben wird, oder aber es ist die Einrichtung so getroffen, dafs die Spindel von einer in der Konsole fest gelagerten

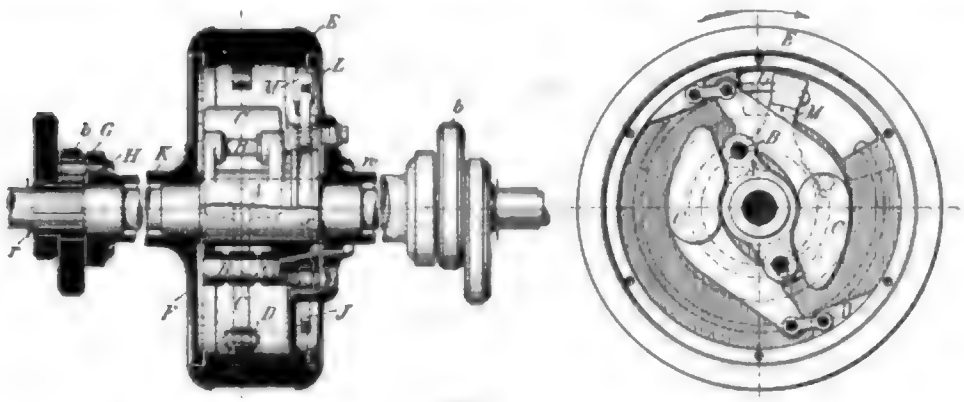


Fig. 5.

Mutter umschlossen wird und selbst mittels einer Kurbel oder eines Handrades gedreht werden kann, sich dabei axial verschiebt und auf die Zahnstange *S* entsprechend einwirkt, durch welche dann Bolzen *q* und Arm *M* verdreht und die Federspannung verändert wird.

Statt eines Handrades oder Hebels kann behufs Änderung der Federspannung auch ein Zahnrad angebracht werden, welches von einem vom Schaltbrett aus in Tätigkeit zu setzenden Elektromotor gedreht wird, sodafs die Tourenverstellung von dort aus vorgenommen werden kann.

Die Gelenke des Reglers werden von der an der rechten Seite des Schwungringes angebrachten Zentralschmierung aus mit Öl versorgt und zwar derart, dafs von der Schmiernut *w* (Fig. 5) das Öl durch ein Röhrchen der im Pendelträger befindlichen Schmiernut *x* zufließt, von wo aus es durch die Bohrungen *y* zu den Bolzen *B*, dann dem durch die Bohrungen von Pendel *C* und Schließe *D* zu den Bolzen der letzteren gelangt, um sodann am Umfange wieder auszutreten. Auf ähnliche Weise erfolgt die Schmierung der Bolzen *H*, während die Schmierung der in den Hülsen *K* untergebrachten Laufflächen dadurch geschieht, dafs der zwischen der Welle und diesen halsartigen Verlängerungen befindliche Zwischenraum beim Stillstande der Maschine mit

Digitized by Google

Öl gefüllt wird, was mit Rücksicht auf die geringen Bewegungen dieser Laufflächen hinreichend ist.

Um die zwei Zahnräder, den verdrehbaren Hebel sowie die Zahnstange zu vermeiden, werden jetzt diese Regler mit einer anderen wesentlich einfacheren Tourenverstellung ausgerüstet.

Diese Vorrichtung besteht aus einem radial geführten Stift, der sich gegen die Feder stützt und durch ein inmitten der Steuerwellenbohrung liegendes verschiebbares Keilstück mehr oder minder nach außen gedrückt wird, entsprechend einer verschiedenen Durchbiegung der Reglerfeder und damit verbundener verschiedener Spannung derselben.

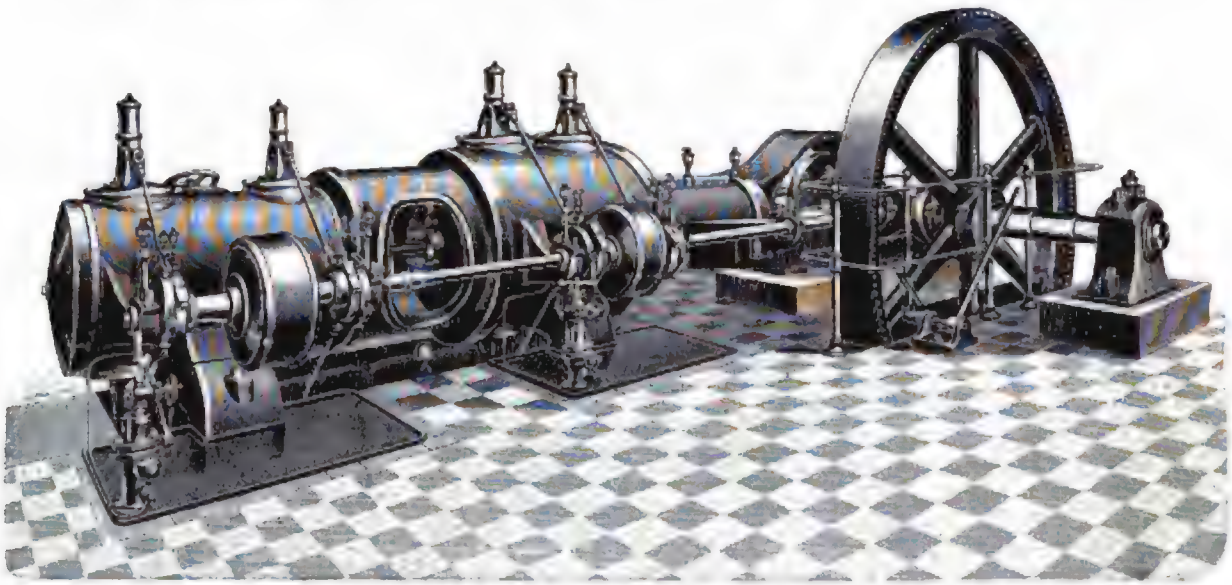


Fig. 6.

In Fig. 6 ist eine liegende Tandemverbundmaschine der Maschinenfabrik Swiderski, allerdings von noch nicht sehr hoher Tourenzahl dargestellt, deren Tourenzahl aber immerhin die eingangs erwähnte Höchstzahl von 150 Umdrehungen wesentlich übersteigt.

Die Abmessungen derselben sind: 400/675 Zyl. Durchm., 700 Hub, 187 Umdreh. in der Minute. Die Maschinen sind für den Betrieb einer elektrischen Bahn in Japan geliefert worden.

Eine außerordentlich kurz gebaute schnelllaufende liegende Maschine, welche trotz wesentlich geringerer Umdrehungszahl keinen größeren Raum einnimmt, als wie eine gleich starke Dampfturbine z. B. eine Parsonsturbine, ist in der Fig. 7 dargestellt. Die Maschine ist eine Verbundtandemmaschine, deren 2 Zylinder aus einem Gufsstück bestehen und durch einen mittl. Deckel mit von außen während des Betriebes kontrollierbarer Metalldichtung voneinander getrennt sind.

Die Fig. 8 zeigt Schnitte durch die Zylinder dieser Maschine.

Digitized by Google

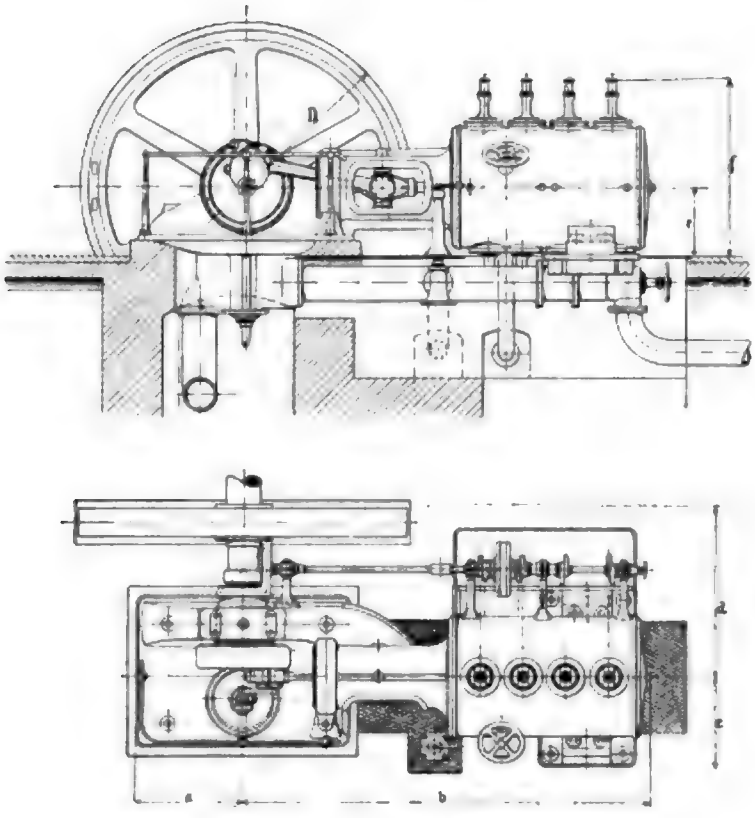


Fig. 7.

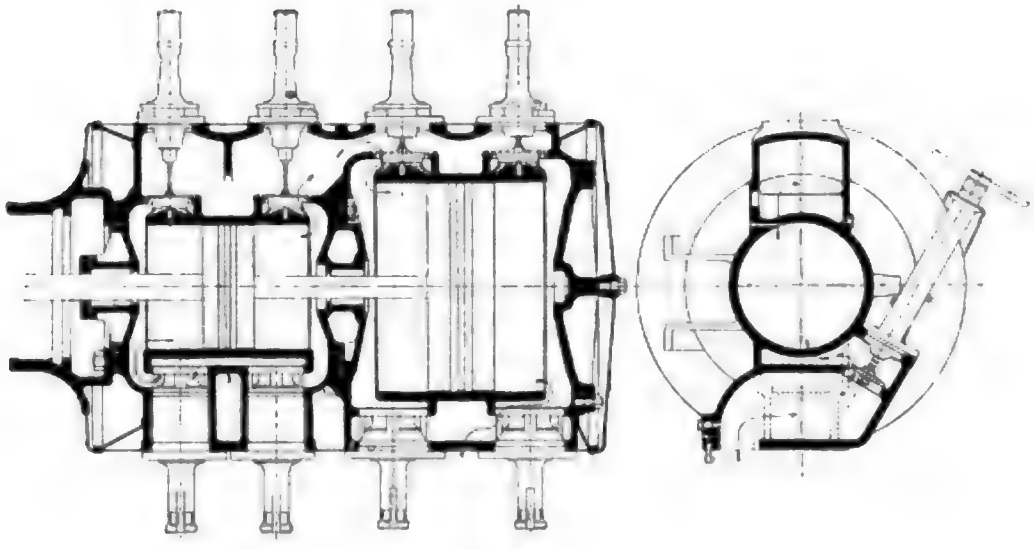


Fig. 8.

Die Einströmung des Dampfes erfolgt abweichend von den gebräuchlichen Konstruktionen nicht durch oben angeordnete, sondern durch unten angeordnete Einlafsventile, während, die Ausströmung aus dem Hochdruckzylinder und Einströmung in den Niederdruckzylinder bei direktem Übertritt des Dampfes oben und das Entweichen aus dem Niederdruckzylinder in den Kondensator durch die unten liegenden Auslafsventile des Niederdruckzylinders erfolgt.

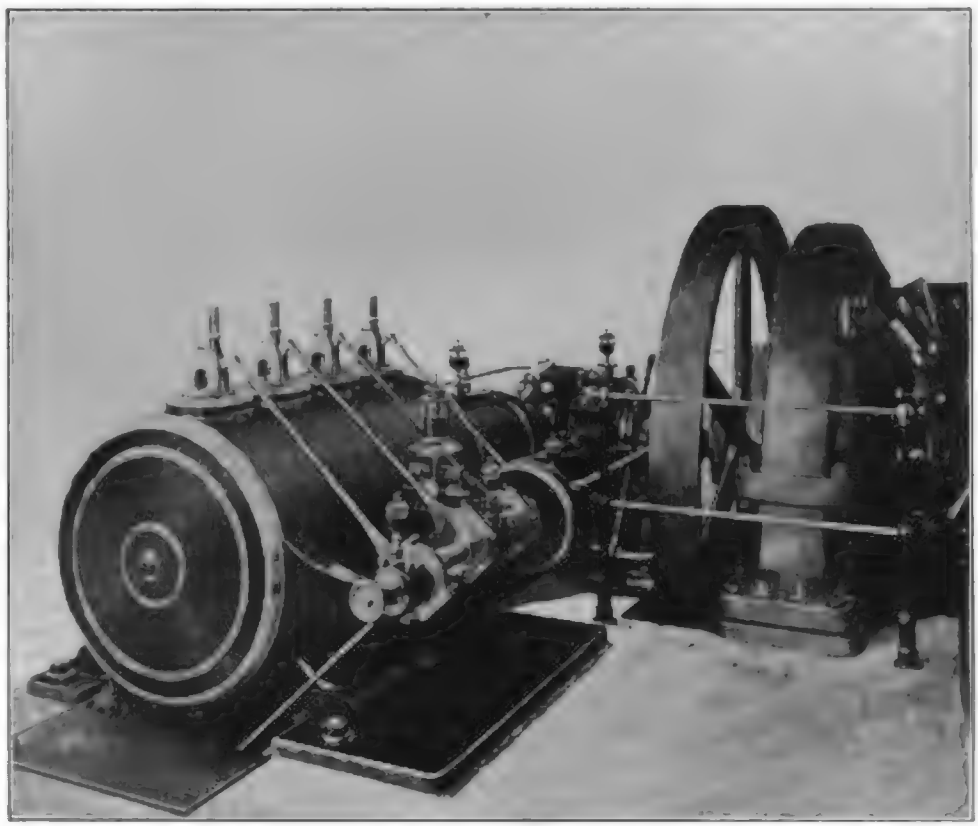


Fig. 9.

Diese Dampfführung hat aufser kürzestem Dampfweg und daher geringster Abkühlungsverluste den für den Betrieb mit hochüberhitztem Dampf äußerst beachtenswerten Vorteil, dafs um den Umfang des Zylinders keinerlei angegossene Dampfkanäle gelegt sind, durch welche die Zylinderwandung ungleichmäßig erwärmt wird, sich deformiert und eine Undichtigkeit des Kolbens bewirkt.

Fig. 9 zeigt eine äußere Ansicht dieser sich auch durch gefällige Formen auszeichnenden Maschine, die in der Kraftstation der Druckerei von Ullstein & Cie., Berlin, Kochstraße 23 steht.

Digitized by Google

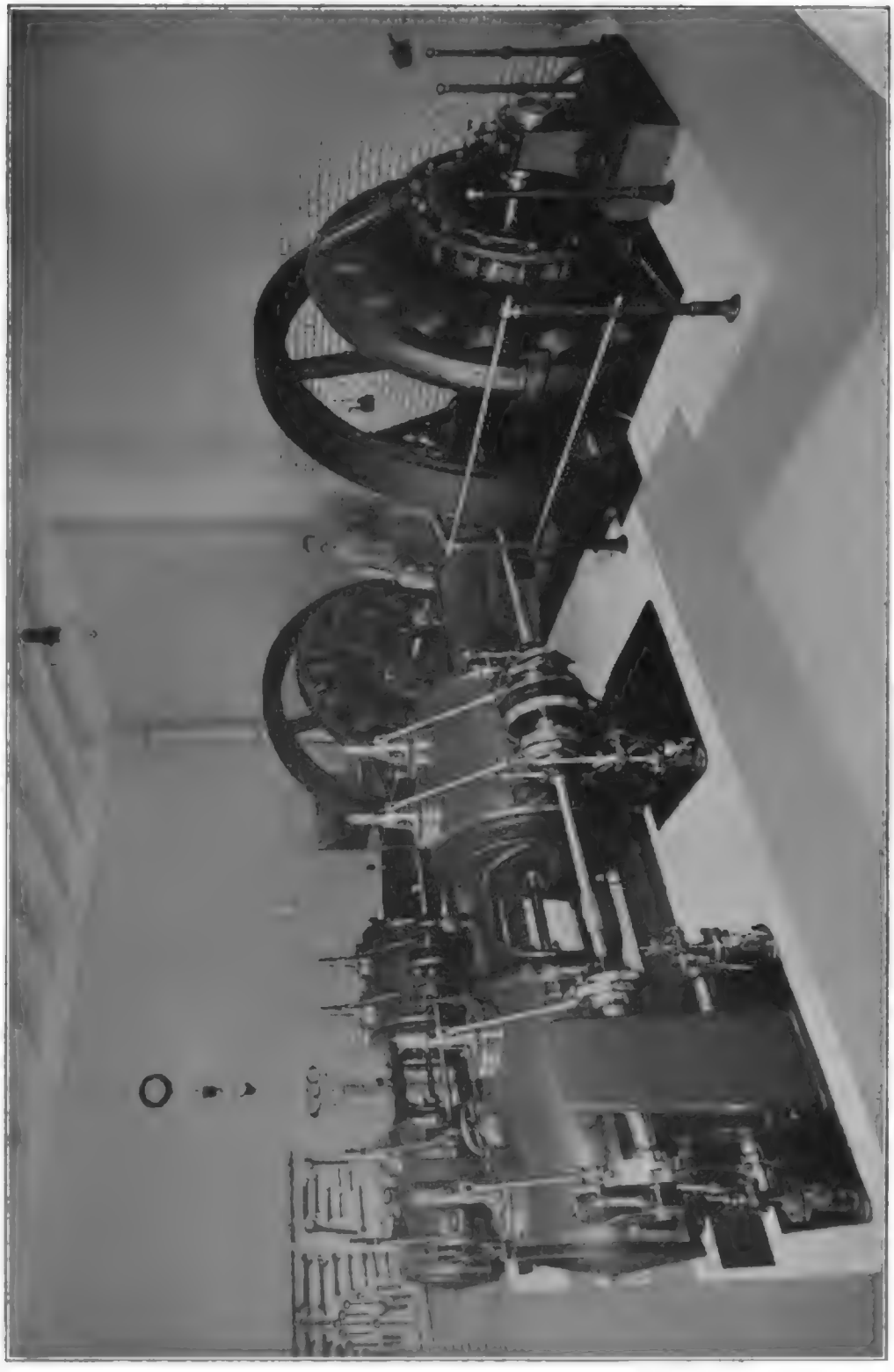


Fig. 10.

Digitized by Google

Fig. 10 zeigt den Maschinenraum. Letzteres Bild hat insofern ein größeres Interesse für uns, weil auf demselben auch eine Tandemmaschine gewöhnlicher Bauart sichtbar ist und so ein unmittelbarer Vergleich möglich ist.

Einige Zahlen mögen diesen Vergleich noch erleichtern.

Die dort stehenden Tandemmaschinen normaler Anordnung (s. Zt. ebenfalls von Swiderski geliefert) haben folgende Verhältnisse: Zylinder-Durchm. 350×520, Hub 600, Touren 150, Leistungen 150—200 eff. PS. während die neue Bauart folgende Verhältnisse aufweist: Zylinder-Durchm. 370×610, Hub 450, Touren 230, Leistung 300—400 eff. PS.

Hieraus geht hervor, dafs die Maschine neuer Bauart bei doppelter Leistung nur ca. $^2/_3$ des Platzes der Maschine normaler Bauart erfordert.

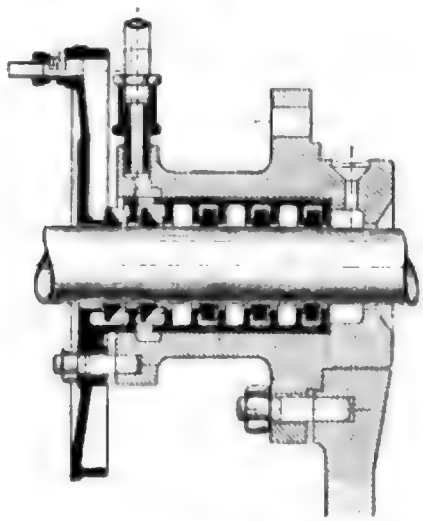


Fig. 11a.

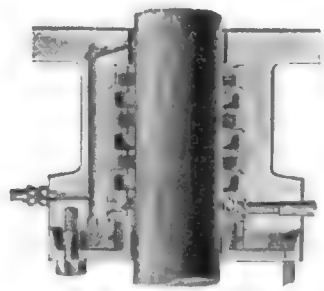


Fig. 11b.

Eine 600-Hub-Maschine dieser Bauart leistet bei 9 Atm. und 220 Touren 1200 Pferdekräfte und braucht einen Raum von 6×3 m, während eine Dampfturbine „Parson“ von gleicher Leistung und 1500 Touren pro Minute einen Raum von ca. 8×2 m und ca. 2 m Höhe benötigt.

Fig. 11 zeigt die Metalldichtung System Lentz, für liegende (11a) und stehende (11b) Maschinen mit welcher sämtliche Dichtungsstellen an der Kolbenstange der von Swiderski gebauten Lentzmaschine versehen sind, während die Ventilspindeln mit einer Spindelführung D. R. P. No. 108 649 versehen sind, die aus einer einfachen mit einer Kondensations- und Ölkammer versehenen Büchse besteht, die keinerlei seitliche Drücke auf die Spindel ausübt, und keines Verpackungsmaterials bedarf.

Bisher wurden Kolbenstangen an Dampfmaschinen bekanntlich in der Weise abgedichtet, dafs man sie mit einer Packung umgibt, die bei modernen Dampfmaschinen bereits ausschliefslich aus Metallringen oder Abschnitten von solchen besteht. Die Packung wird durch Anziehen einer Brille oder neuerdings durch Federn an die Stange gepreſst, die entweder axial oder radial, mitunter auch am Umfange der Packringe

angebracht sind. Diese Arten der Abdichtung leiden an dem Übelstande, dafs die Packung auf die Stange einen niemals genau zu begrenzenden Druck ausübt, wodurch eine mehr oder weniger kräftige Reibung entsteht, die bei der bremsartigen Wirkung des Druckes sehr häufig eine Erwärmung der Stange zur Folge hat. Erleidet ferner die Stange durch irgend welche Umstände, z. B. bei liegenden Maschinen durch Kolbengewicht eine Durchbiegung oder seitliche Abweichung, so wird durch den auf die Ringstücke ausgeübten einseitigen höheren Druck ebenfalls eine beschleunigte Abnutzung beider Teile herbeigeführt. Um diesen Übelständen zu begegnen, läfst Lentz bei seiner zum Patent angemeldeten Vorrichtung zwischen der Kolbenstange und dem Zylinderdeckel von vornherein einen Spielraum zu, sodafs die Stange frei beweglich bleibt und verhindert das Austreten des Dampfes dadurch, dafs dieser unter bedeutendem Spannungsabfall zwar in vorgelagerte Kammern übertreten kann, schliefslich aber, bevor er ins Freie gelangt, gezwungen wird, selbsttätig wieder in den abzudichtenden Raum zurückzuströmen. Fig. 11 zeigt die Vorrichtung in einem Längsschnitt. Sie wird aus drei oder vier einteiligen, an der dem Zylinder zugekehrten Seite mit Nuten versehenen Ringen gebildet, die auf die Kolbenstange aufgeschliffen sind. Diese Ringe legen sich mit sauber bearbeiteten, seitlichen Dichtungsflächen in festsitzende, sog. Expansionskammern bildende Hohlringe ein und sind in diesen radial nach allen Richtungen frei beweglich; sie können also allen seitlichen Bewegungen der Stange ungehindert folgen. Ein Druck der Ringe gegen die Stange ist dadurch vollständig ausgeschlossen. An die letzte Kammer schliefst sich ein Syphonrohr an, welches durch eine Flüssigkeitssäule geschlossen ist. Die Wirkungsweise der Vorrichtung beruht auf einem ähnlichen Expansionsvorgange des Dampfes in den Dichtungskammern wie im Dampfzylinder, nur mit zeitlicher Phasenverschiebung infolge der bestimmt bemessenen Querschnittsverhältnisse. Es findet daher während der Expansionsperiode im Zylinder ein Rückströmen des Dampfes aus den Dichtungskammern statt, wie aus den abgebildetem Diagramm ersichtlich ist. Etwaige Undichtigkeitsverluste der Vorrichtung würden sich durch Auffangen der aus dem Syphonrohr überlaufenden Flüssigkeitsmenge feststellen lassen.

Die Vorrichtung erfordert bedeutend weniger Schmierung als die bisherigen Stopfbüchsen; sie ist ferner gegen Staub und etwa eingedrungene Unreinigkeiten vollständig unempfindlich. Die sonst nötige Erneuerung von Packungsmaterial fällt bei ihr vollständig fort.

In dem Kraftwerke II der Großen Leipziger Straßenbahn in Leipzig-Lindenau ist die neue Lentz-Dichtung durch die Maschinenfabrik Swiderski an 5 stehenden Verbunddampfmaschinen von je 560 bzw. 840 mm Zylinderdurchmesser und 600 mm Hub angebracht worden.

Die frühere Packung der Kolbenstangen dieser Maschinen von je 90 mm Durchmesser war Marineblock mit Metallpapier. Hierzu waren pro Monat und Maschine für 13 ℳ. an Packungsmaterial erforderlich. Die Packungen mußten alle 14 Tage erneuert werden, und war hiermit ständig ein Arbeiter beschäftigt; dementsprechend betrugen die jährlichen Unterhaltungskosten

Digitized by Google

an Material . .	$5 \times 13 \times 12 =$	780 ℳ
„ Arbeitslohn		1000 -
zusammen		1780 ℳ

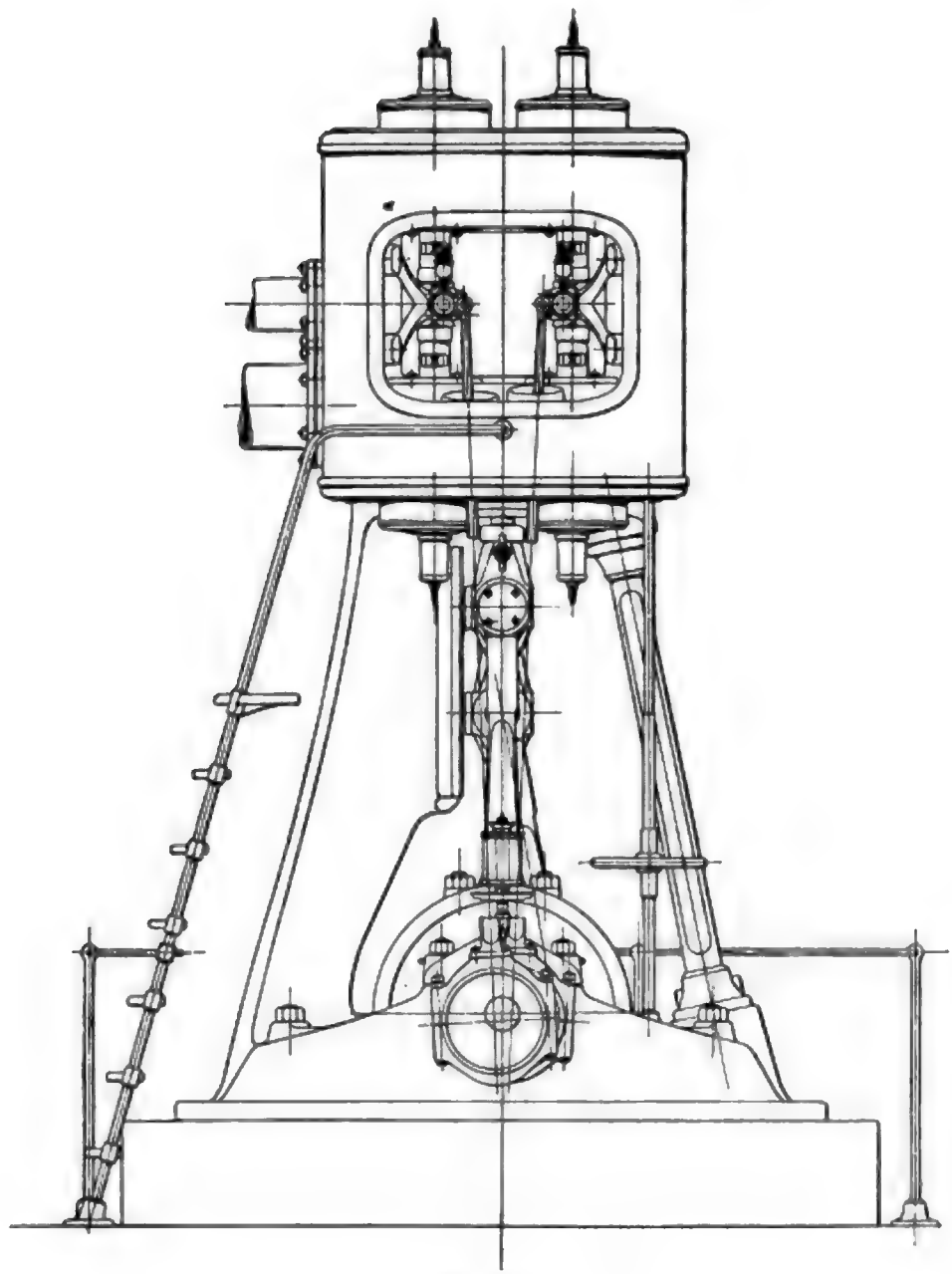


Fig. 12.

Digitized by Google

Der Anschaffungspreis der 10 Lentz-Dichtungen beträgt $225 \times 10 = 2250$ ℳ; demnach sind die Umbaukosten, da Lentz-Dichtungen keiner Erneuerung und besonderer Wartung bedürfen, durch die damit erzielten Betriebsersparnisse

$$\text{von } \frac{2250}{1780} = 1^1/_4 \text{ Jahren gedeckt.}$$

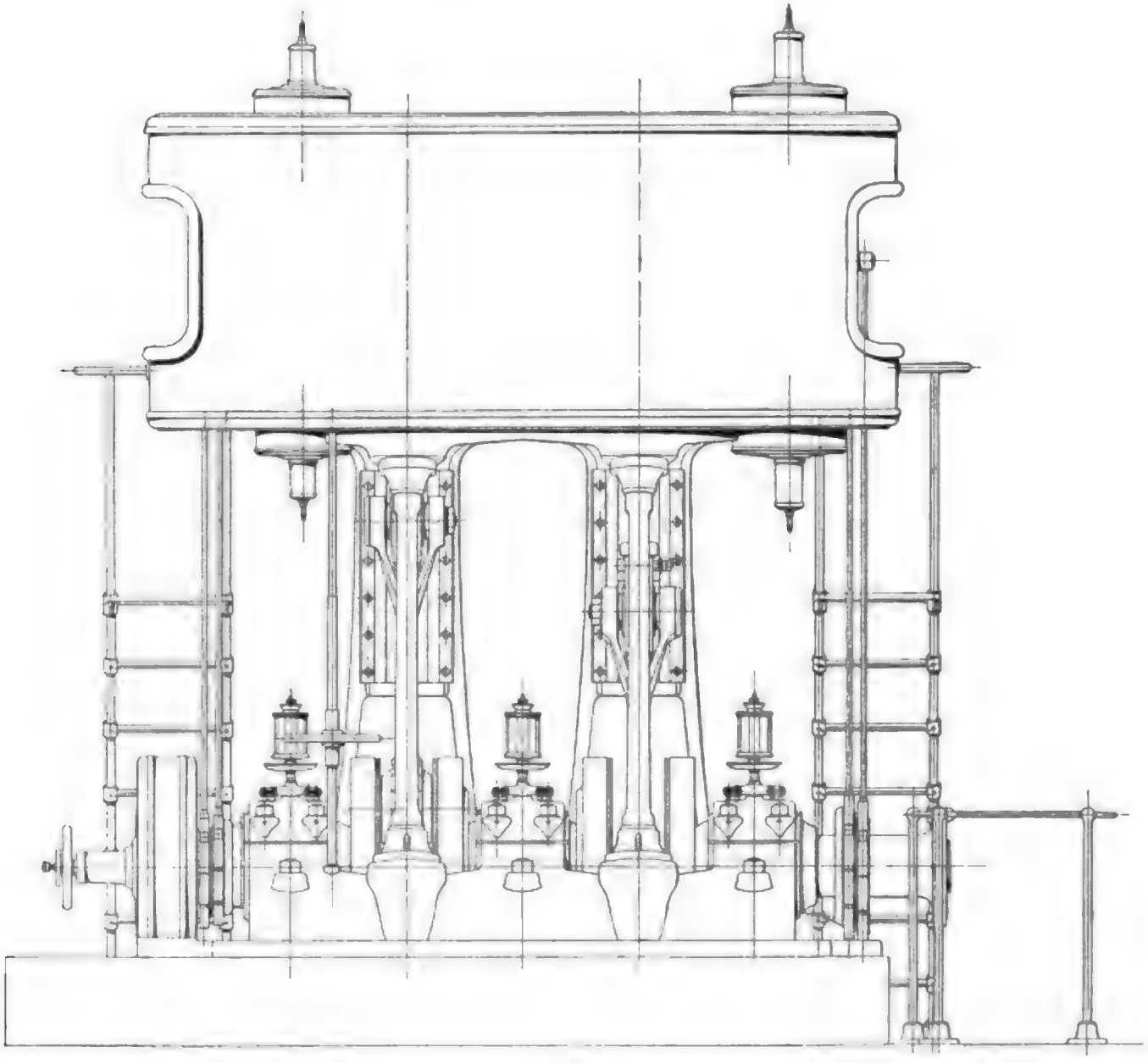


Fig. 13

Digitized by Google

Außer den besprochenen, liegend angeordneten Maschinen nach der Bauart Lentz baut die Maschinenbau-Aktiengesellschaft Swiderski auch noch solche Maschinen stehender Anordnung, die sich ebenfalls durch die Zulässigkeit hoher Tourenzahlen und dadurch bedingten außerordentlich geringen Platzbedarf auszeichnen.

Fig. 12 und 13 zeigt eine solche Maschine und zwar eine Kompoundsmaschine. Aus derselben ist ersichtlich, dafs im Gegensatze zu den liegenden Maschinen die

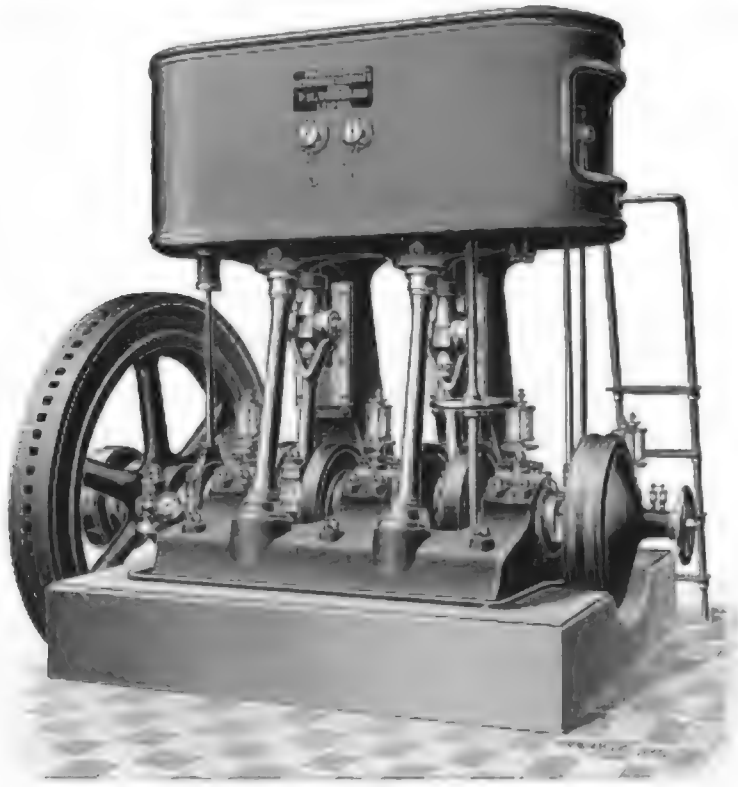


Fig. 14.

Steuerhebel zu Doppeldaumen ausgebildet sind und von je einem solchen Steuerhebel einerseits beide untereinander angeordneten Einlafsventile, andererseits die beiden ebenso angeordneten Auslafsventile betätigt werden. Der Einlafssteuerhebel wird wieder von einem vorbeschriebenen Verstellexzenter betätigt, während der Auslafshebel von einem fest aufgekeilten Exzenter bewegt wird.

Die Steuerexzenter und der Regler sitzen hier direkt auf der Hauptwelle der Maschine und ist demnach das Aussehen der Maschine von dem einer Schiebermaschine nicht sehr verschieden.

Die Dimensionen einer in dieser Art gebauten Dreifachexpansions-Maschine sind: 460×750×1200×500 Hub, 250 Touren in der Minute, 12 Atm. Admissionsspannung. (Fig. 16)

Digitized by Google

Von dieser Maschine sind allein 3 Stück für die Elektrizitätswerke Tokio in Japan, — trotz lebhafter Konkurrenz von englischen und amerikanischen Maschinen sowie auch Dampfturbinen — geliefert worden.

Eine nicht ohne weiteres gelöste Frage bildete bei solchen hochtourigen Maschinen die Anordnung und Ausgestaltung der Kondensationsluftpumpe; die Konstruktion wurde in der Art gelöst, dafs der sehr leichte Luftpumpenkolben mit einem Rohr versehen

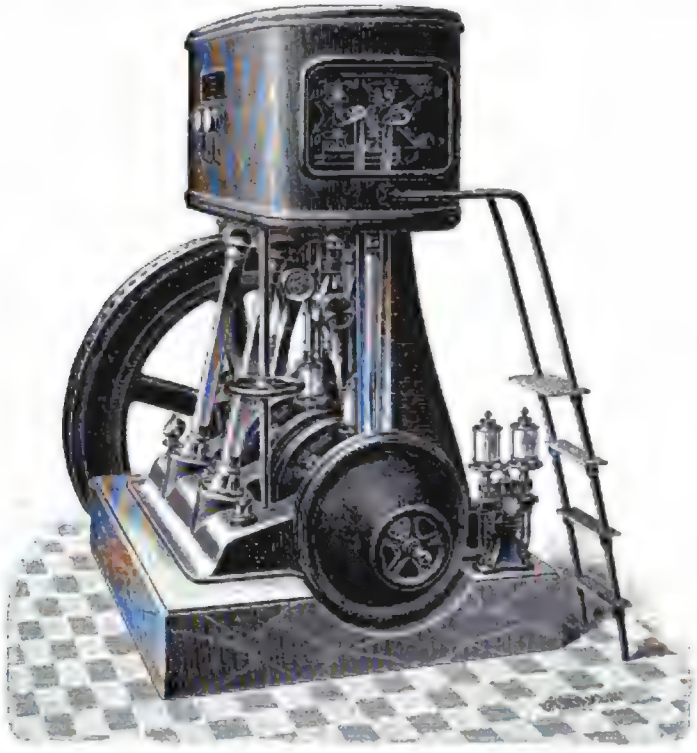


Fig. 15.

wurde, das den Deckel durchdringt und so bemessen ist, dafs beständig nach unten wirkende und das Gestänge auf Zug beanspruchende Kräfte vorhanden sind, wodurch Druckwechsel und damit verbundene Stöße im Gestänge, die bei so hoher Tourenzahl nicht ohne Gefahr sind, vollständig hintangehalten werden.

Ebenso sind in Ansehung der hohen Tourenzahlen viele kleine Ventile angewendet, welche durch hinzufügen einer einfachen Vorrichtung so ausgestaltet sind, dafs sie sanft und ohne Schlag und Stoß spielen.

Fig. 14 und 15 zeigen äußere Ansichten einer solchen Maschine, und ist in der letzteren die Konstruktion der Steuerung sehr gut zu sehen.

Fig. 16 zeigt eine Ansicht der vorhin besprochenen Dreizylindermaschine.

Da bei solchen hohen Umdrehungszahlen auch die Frage der Schmierung von erhöhter Bedeutung ist, so hat die Firma Swiderski bezw. Lentz derselben ihre volle

Aufmerksamkeit gewidmet und verwendet die Lentzsche Schmierpumpe, welche es ermöglicht, auskömmlich und dabei einzeln einstell- und kontrollierbar das Öl zu jeder Schmierstelle unter Druck zuzuführen.

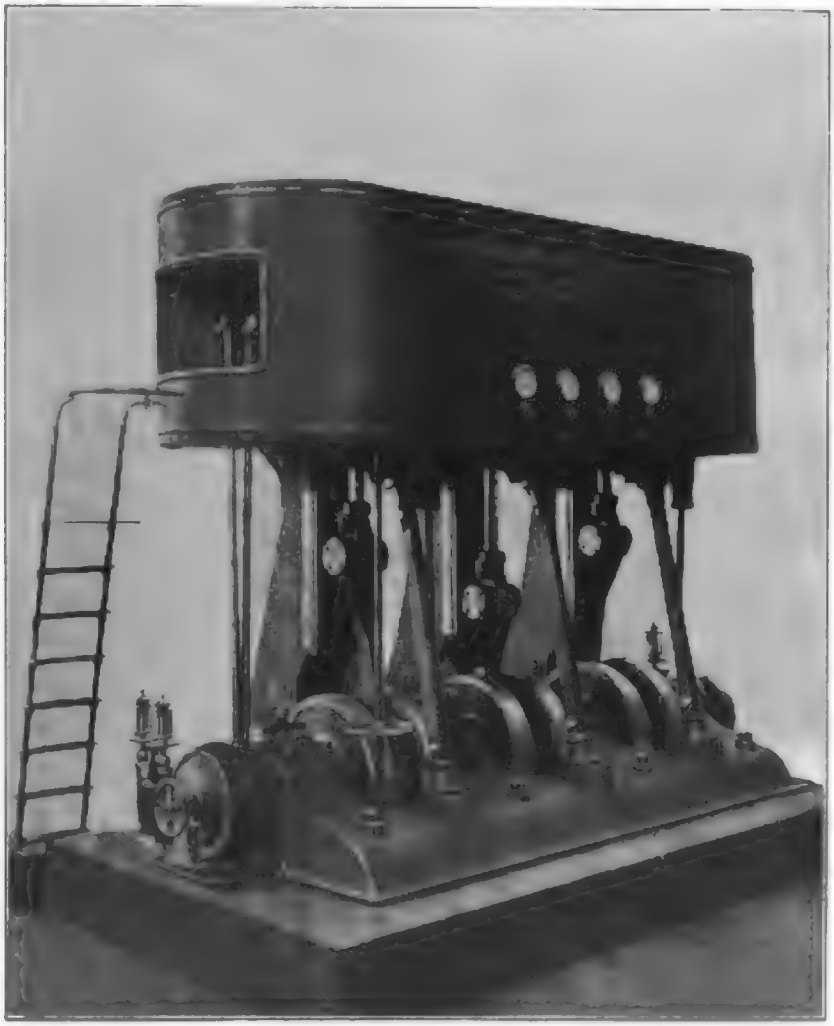


Fig. 16

Die Ölzuführung geschieht durch ein im Innern der Maschine angeordnetes Rohrsystem ohne Verunstaltung und Verunreinigung der Maschine.

Auf diese Art wurde nicht nur eine gute, sondern auch äußerst sparsame Schmierung trotz hoher Tourenzahl auch bei stehenden Maschinen erzielt.

Fig. 17 zeigt eine solche Schmierpumpe. Durch den Ölverteiler fließt aus dem Ölgefäß das Schmiermittel einzeln in Tropfenform zu den verschiedenen durch die

Digitized by Google

Abstufung des Kolbens gebildeten Zylindern, wobei die Zuflufsgeschwindigkeit durch eingeschaltete Hähne gewechselt werden kann.

Rückschlagventile an den Austrittstellen der Pumpe verhindern ein Entleeren des Rohrsystemes.

Außer diesen schnelllaufenden Präzisionsventilmaschinen baut die Firma Swiderski auch noch kleinere, besonders rasch laufende und hauptsächlich für den Export dienende Maschinen einfachster Bauart, die, weil auf hohe Überhitzung nicht zu rechnen ist, durch vom Lentz'chen Achsenregler beeinflufste Kolbenschieber gesteuert werden.

Eine solche Maschine von 35 HP. i./M. 600 Touren ist in Fig. 18 samt angeschlossener Dynamos zu sehen.

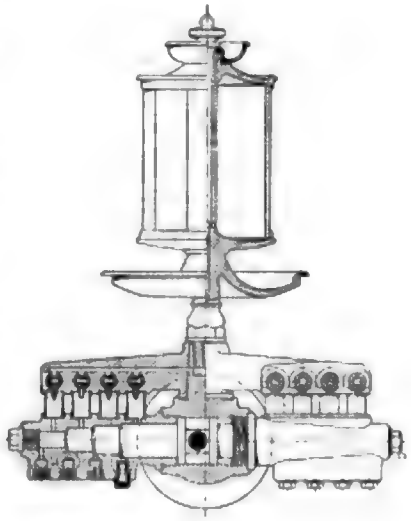


Fig. 17.

Es ist selbstverständlich, dafs sich die für hohe Umlaufzahlen so gut bewährte Lentzsteuerung auch für geringere Umlaufzahlen sehr gut eignet und ist es eine Spezialität der Firma, Maschinen, die infolge minderwertiger Steuerung einen schlechten Dampfverbrauch ergeben, durch Umbauen und Versehen mit der Lentzsteuerung wirtschaftlich günstiger zu gestalten.

Die Maschinenbau-Aktiengesellschaft Swiderski hat schon über 30 Maschinen von Kraftzentralen, darunter die der Erfurter Straßenbahn mit allein 3 Maschinen in dieser Art umgebaut und überall mit dem gleich guten Erfolg.

Ein solcher Umbau wurde u. a. unlängst an dem bisher mit Kolbenschiebern, System Dörfel, arbeitenden Hochdruckzylinder einer stehenden Verbundmaschine von 735 bezw. 1115 mm Zylinderdurchmesser und 700 mm Hub der Bergischen Elektrizitätswerkes Solingen vorgenommen. Für die Maschine mit Kolbenschiebersteuerung war ein Dampfverbrauch von 5,52 kg; für die neu eingebaute Ventilsteuerung, Patent Lentz, ein solcher von 5,00 kg für 1 PS i/Std. garantiert worden.

Bei den Abnahmeversuchen — im Mai v. J. — wurde der Dampfverbrauch zu 4,28 kg. für 1 PS i/Std. festgestellt. Die Maschine braucht somit 22,5 bzw. 14,4 % weniger Dampf, als garantiert wurde! Die gleichzeitig angestellten Regulierungsversuche zeigten ein außerordentlich genaues Einsetzen des Reglers, selbst bei den größten Belastungsstößen, wodurch das Regulierspiel zeitlich auf das denkbar kleinste Maß beschränkt und die neue Tourenzahl fast ohne jede Nebenregulierung eingeleitet wird.

Die Zusammenstellung der Versuchsergebnisse ergab das Folgende:

Dampfdruck an der Maschine (im Mittel) . . .	9.5 Atm.
Dampftemperatur	281.5° C.
Vakuum	68,7 cm
Minutliche Umdrehungszahl (im Mittel)	126.1

Digitized by Google

Mittlere Belastung pro Stunde	479 KW
Verbrauchtes Wasser für 1 KW/Std. von 37,5° .	7,026 Liter
Verbrauch für 1 PS e/Std.	4,76 -
(Nutzeffekt der Dynamo 0.92)	
Verbrauch für 1 PS i/Std.	4,28 -
(Nutzeffekt der Dampfmaschine 0,90).	

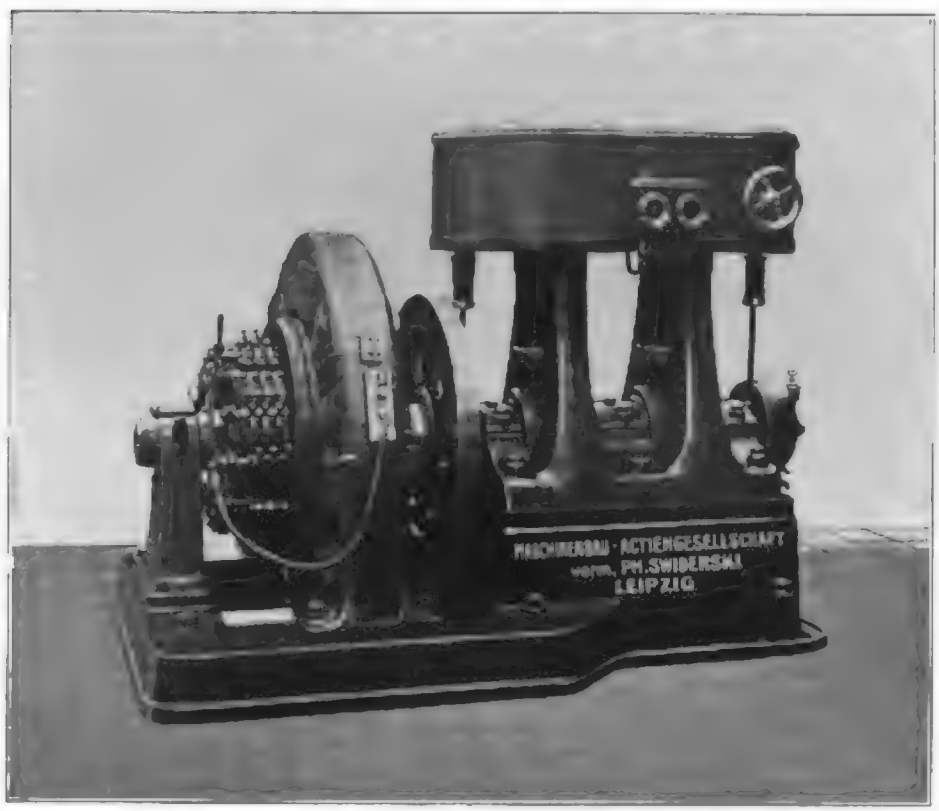


Fig. 18.

Derartige Umbauten erscheinen in solchen Fällen angebracht, wo wegen der augenblicklich ungünstigen Zeitverhältnisse von der gänzlichen Erneuerung einer Maschinenanlage abgesehen werden muß; es ist auf diese Art Gelegenheit geboten, mit verhältnismäßig geringen Anschaffungskosten bedeutende Betriebsersparnisse zu erzielen.

Zusammenfassend geht aus obiger Darlegung hervor, dafs die Lentzmaschine sehr wohl mit der Dampfturbine nicht nur inbezug auf bessere Ökonomie, sondern auch inbezug auf deren geringen Platzbedarf den Wettstreit aufnehmen kann, wobei dann noch immer derselben der Vorteil der numerisch geringeren Umdrehungszahlen bleibt. —

Digitized by Google

Daraus folgt, dafs die Kolben-Dampfmaschine, welche stets mit dem Auftauchen einer neuen Kraftmaschine totgesagt wurde, infolge ihrer großen Vorzüge sowie ihrer außerordentlichen Anpassungsfähigkeit nicht nur stets das Feld siegreich behauptete, sondern wie dargelegt, auch in Zukunft behaupten wird.

Vorsitzender: Wenn in Bezug auf große Umdrehungszahl, auf Raumbedarf, geringen Dampfverbrauch und Schmierung die Lentz-Maschinen den Wettbewerb mit den Dampfturbinen gestatten, welcher Unterschied besteht inbezug auf die Beschaffungs- und Unterhaltungskosten.

Herr Ingenieur Lichtensteiner: Inbezug auf die Beschaffung sind diese Maschinen jedenfalls billiger als die gewöhnlichen Dampfmaschinen; denn die vorgeführten Maschinen mit einer Leistung von ca. tausend Pferdekräften kosten ca. die Hälfte von den Maschinen alter Bauart.

Herr Regierungsrat Fischer: Ich möchte bitten, einige Angaben über den Dampfverbrauch zu machen. Es wäre besonders mit Rücksicht darauf, dafs die schnellaufenden Maschinen mit den Dampfturbinen in Wettbewerb treten sollen, von Interesse zu erfahren, wie sich bei Maschinen, welche 600 Touren machen wie die 35 pferdige, der Dampfverbrauch stellt.

Herr Ingenieur Lichtensteiner: Gerade für diese kleine Maschine von 600 Touren kann ich nicht mit Ziffern dienen; aber für andere kann ich Zahlen bringen, die ich aus Protokollen, die darüber abgefafst wurden, entnehme.

Die Maschinenbau-Akt.-Ges. vorm. Ph. Swiderski hat eine Maschine von 800 bis 1000 Pferdestärken an das Elektrizitätswerk in Bochum geliefert. Die Versuche wurden unter anderen in Gegenwart des Professor Freytag aus Chemnitz vorgenommen. Dimensionen: 600/970/1420 Zylinderdurchmesser, 750 Hub; allerdings arbeitet diese Maschine mit geringerer Umdrehungszahl nämlich 90 bis 95, i. d. M. und zwar mit Rücksicht auf den größeren Hub von 750. Die Maschine ergab einen Dampfverbrauch im Mittel von 4,4, während 5,8 garantiert waren; bei Normalleistung, hingegen 4,18 bei Überhitzung von 220 bis 240 Grad C. für die indizierte Pferdekraft, und der Kohlenverbrauch betrug für die 1,24 kg Kilowatt/Stunde bei 420 K.W. Belastung; bei 500 K.W. Belastung 1,26 kg pro Kilowatt/Stunde, bei 650 K.W. Belastung wurde verbraucht 1,42 kg pro Kilowatt und Stunde. Die Regulierung mit einem Lentz'schen Beharrungsregler ergab folgende Resultate: bei einer Belastungsänderung von 0 auf 390 Kilowatt in 10 Sekunden und dann wider entlastet auf 24 Kilowatt ergaben sich folgende Touren-Zahlen 94, 94, 96½% und dann eine dauernde von 95. Bei Belastungsänderung von 0 auf 525 Kilowatt in 10 Sekunden und nachher Entlastung auf 60 Kilowatt: 95, 94½ und 93; dann wieder 95. Bei einer Belastungsänderung von 0 auf 640 Kilowatt in 4 Sekunden und Entlastung auf 60 KW: 95, 93, 99, 95. Die Gesamttourendifferenz betrug somit 3% zwischen 0 und 60% Füllung des Hochdruck-Zylinders.

Ferner liegen Versuche vor über die Maschine der Groß-Lichterfelder Straßenbahn, welche eine liegende Tandem-Verbundmaschine ist. Der erste Versuch ergab bei 204,28 und 165 indizierten Pferdekräften einen Dampfverbrauch von 4,8 pro indizierter

Digitized by Google

Pferdekraft und Stunde. Er ergab ferner einen Nutzeffekt von 90 % der Maschine und 93 % der Dynamo. Garantiert wurden 6,3 kg für die indizierte Pferdekraft und Stunde. Der zweite Versuch ergab bei einer Leistung von 226 indizierten Pferdekrätten = 278,52 K.W. einen Dampfverbrauch von 4½ kg pro indizierter Pferdekraft und Stunde bei einem Nutzeffekt von 91 % der Maschine. Der dritte Versuch bei 97,6 Kilowatt 114,15 indizierten Pferdekräften einen Dampfverbrauch von 4,9 kg bei einem Nutzeffekt von 89 % der Maschine.

Ferner verweise ich auf die vorhin angeführten Versuchsergebnisse an der umgebauten Maschine Mûngsten (M. 7).

Die Regulierung dieser Maschine wurde ebenfalls einem Versuch unterworfen und es ergab sich bei einer Belastungsänderung von 0 auf 427 K.W. eine bleibende Tourenänderung von 3,75 %, bei stoßweiser Entlastung von 427 auf 0 ergab sich eine Änderung von 3,75 %, bei stoßweiser Belastung von 0 auf 350 K.W. eine solche von 3,5 %; dann bei einem geringeren Belastungssprung von 210 auf 420 K.W. eine bleibende Tourenänderung von 1,75 %.

Wenn mit diesem feinfühligen Regler ausgerüstete Maschinen oft grössere Ungleichförmigkeitsgrade aufweisen, also dabei die Vorteile des Reglers nicht genug ausgenützt werden, so ist zu berücksichtigen, dafs häufig vorgeschrieben wird, der Ungleichförmigkeits-Koeffizient mufs so und so viel betragen. Bei der Dampfturbine wird hervorgehoben, dafs sie gleichmäfsig arbeite und fast keine Tourenschwankungen hätte, weil die Ungleichmäßigkeit des Kurbelbetriebes hierbei nicht vorhanden wäre. Die mit Hilfe des sehr feinfühligen Beharrungsreglers erreichte Ungleichförmigkeit von nur ein Prozent ist doch tatsächlich so gering, dafs man nicht gut von einem Nachstehen der Kolbenmaschine gegenüber der Turbine sprechen kann. Außerdem kommt der Kolbenmaschine der Vorzug zu Gute, dafs sie einen gewissen Spielraum in der Belastung zuläfst, ohne dafs sich der Dampf-Verbrauch wesentlich ändert, während eine Dampfturbine, um ökonomisch zu arbeiten, eine ganz bestimmte und zwar die höchste Belastung haben mufs. Für solche Betriebe, bei denen die volle Belastung nicht ständig aufrecht erhalten werden kann sondern starke Schwankungen zugelassen werden müssen, eignet sich daher die Turbine viel weniger, weil der Dampfverbrauch für die indizierte Pferdekraft und Stunde wesentlich höher wird als bei der Kurbeldampfmaschine. Es hängt das damit zusammen, dafs bei Belastungsänderungen an der Kurbeldampfmaschine nur die Füllungen verändert werden, während bei der Turbine, bei der die Geschwindigkeitsverhältnisse in Betracht kommen, durch die eintretenden Geschwindigkeitsänderungen gleich äußerst beträchtliche Stoßverluste bewirkt werden.

Vorsitzender: Ich sage dem Herrn Vortragenden den besten Dank des Vereins für seinen interessanten Vortrag.

Nachtrag zum Bericht über die Sitzung vom 2. Mai 1904.

Technische Tagesordnung.

Über Moorkultur und Torfverwertung.

Herr Chemiker Dr. Frank-Charlottenburg: Da mir die Aufforderung zu dem heutigen Vortrag erst vor wenigen Tagen zugegangen ist, war es mir nicht möglich, dafür speziellere Vorbereitungen zu treffen, und muß ich deshalb für etwaige Mängel um milde Beurteilung bitten.

In der Zeit vom 15. bis 21. Februar war hier in Berlin eine Ausstellung des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche, an der sich Österreich, Schweden, Norwegen, Dänemark und Finnland beteiligten. Holland, das klassische Land für Moorverwertung war leider nicht vertreten, und ebenso fehlte Irland, welches auch ein großes Moorgebiet von mehr als 11 000 qkm hat. Wer aber auf der Ausstellung eigentlich noch mehr vermißt wurde, das war ein früher sehr bedeutender Torfkonsument, die Stadt Berlin und ihre Bewohner. Das geringe Interesse, welches diese in vieler Beziehung wichtige Sache hier fand, war wenig erfreulich, vielleicht ändert sich das mit der Zeit, und die nächste Mooraustellung, welche hoffentlich nicht wieder 17 Jahre braucht, um nach Berlin zu kommen, wird wohl einen größeren Kreis von Besuchern anziehen.

Um das, was ich über die Bedeutung, welche die Moorfrage auch für uns hier hat, gesagt habe, zahlenmäßig zu belegen, möchte ich darauf hinweisen, daß Deutschland nächst Rußland das größte Moorgebiet in Europa hat. Wir haben eine Gesamtmoorfläche von ca. 400 Quadratmeilen, die größer ist, als das ganze Königreich Württemberg. Von dieser Fläche kommen auf die Provinz Hannover 100 Quadratmeilen, auf Oldenburg 70, auf die Provinz Brandenburg, also unsere nächste Nachbarschaft 13, Pommern 55, Posen 37, Ostpreußen 35, Holstein 32 Quadratmeilen. In Süddeutschland kommen auf Bayern 15, auf Baden und Württemberg 6, Österreich hat 8 Quadratmeilen, und auch die Schweiz hat einige Moore.

Was die Frage der Entstehung der Moore betrifft, so kann ich dafür wohl auf den Vortrag verweisen, den ich hier im Jahre 1897 über dieses Thema gehalten habe. Ich möchte für diejenigen Herren, welche damals nicht zugegen waren, nur kurz wiederholen, daß die Hochmoore aus kalkarmen Gewächsen, hauptsächlich Heidekraut,

Digitized by Google

Wollkraut, Sumpfheidelbeeren usw. entstanden sind, während die Grünlandsmoore und Niederungsmoore den Moosen (Sphagnum), Binsen und Carexarten ihre Entstehung verdanken.

Die Bildung der Moore findet überall dort statt, wo neben einem sehr feuchten Klima ein undurchlässiger Untergrund vorhanden ist. Die mangelhafte Wurzelbildung und Ernährung der Pflanzen hat dann die Folge, daß sie an Ort und Stelle an dem aufgestauten Wasser untersinken und verrotten. Die Bildung eines solchen undurchlässigen Untergrundes geschieht bei uns in Norddeutschland wesentlich durch den sogenannten Ortstein, welcher durch Verkittung von Sand mit Eisenoxyd entsteht und für Wasser undurchlässig ist; ein Gleiches findet auch unter den Heiden, die gewissermaßen vertrocknete Moore sind, statt und trägt auch dort die Schuld an dem kümmerlichen Pflanzenwachstum.

Man hat nun bei uns mit gutem Erfolg den Versuch gemacht (namentlich seitens der Herzoglich Arenbergschen Domänenverwaltung), durch Anwendung von Dampfpflügen diese Ortsteinschichten zu durchbrechen und so den Untergrund für Luft und Wasser aufzuschließen. Für die hierfür verwenden, sehr starken einscharigen Pflüge oder vielmehr Haken verwendet man Maschinen von 40—50 Pferdekraft. Infolge der so bewirkten Lüftung und Entwässerung des Bodens ist es möglich gewesen, große Gebiete, die bisher wüst lagen, aufzuforsten, und man hat speziell rasch wachsende Nadelhölzer angepflanzt, die schon in 30—40jährigem Umtrieb Verwertung für Grubenhölzer finden können.

Bei der Bildung des undurchlässigen Untergrundes in den auf Urgestein ruhenden Mooren in Bayern und auch in Finnland liegen andere Verhältnisse vor. Dort besteht diese Schicht nicht, wie bei uns, aus Eisenoxyd und Sand, sondern aus einer undurchlässigen Lage von sandigem Ton, die gewissermaßen ein Zement bildet. Der physikalische Effekt ist aber auch hier für die Vegetation der gleiche.

In der Ausstellung war gerade diese Wirkung des Ortsteins durch Vorführung von ganzen Bäumen, die auf dem Moor gewachsen waren, in klarster Weise veranschaulicht. Diesen Bäumen fehlte die Pfahlwurzel fast vollständig, weil sie eben nicht nach unten durchdringen konnte. Sie hatten dafür ein breites flaches Netz von Wurzeln um sich gezogen, welche oft viel länger waren, als der Baum selbst.

Was nun die Bewirtschaftung von Verwertung von Moorländereien betrifft, so sind unsere Lehrmeister in dieser Beziehung zunächst die Holländer gewesen. Westlich der Ems setzen sich die Moore fort, und dort besteht schon seit Jahrhunderten der sogenannte Fehnbetrieb, welcher darauf basiert, daß die Moore zunächst durch Kanäle entwässert werden, die mit der See in Verbindung stehen, und daß dann dieselben Schiffe, die den Torf nach der Stadt bringen, als Rückfracht die städtischen Abfallstoffe, Straßenkehricht, Kompost usw. auf das Land schaffen, und damit aus dem, von den abgetorften früheren Moorflächen verbliebenen Untergrund fruchtbare Äcker machen. In dem kleinen Holland sind von Staat und Provinz für solche Kanäle etwa 40 Mill. Mark ausgegeben worden. Bei uns wird der Nutzen des gleichzeitig auch die Hauptmoorgebiete direkt entwässernden großen Mittellandkanals merkwürdigerweise gerade von den Landwirten angezweifelt und bemängelt.

Für die Moornutzung in Deutschland hat man nun zunächst den Versuch gemacht, sich an die holländische Kulturmethode anzulehnen, und der erste, welcher die Bedeutung der Moore in dieser Richtung erkannte, war Friedrich der Große; von ihm sind in Pommern und im Posenschen große Entwässerungsanlagen gemacht worden, die zum Teil noch heute wirksam sind. Dann ist aber die Sache bei uns eingeschlafen. Auch in Ostfriesland waren einige kleine Moorkolonien nach holländischem Muster entstanden, die aber den Fehler hatten, daß sie ganz außerhalb des Verkehrs liegend, keine Verbindung mit der Außenwelt hatten, sodaß sie ihren Torf nicht los werden und Dünger nicht zuführen konnten; die Sache versumpfte deshalb auch hier.

Einen neuen Aufschwung hat die Moornutzung in Deutschland erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gewonnen, und zwar datiert dieser aus der Zeit nach der Annexion von Hannover von Hannover. 1867 war in Ostfriesland eine starke Mißernte und Hungersnot, und die preußische Regierung hat als erste Gabe an die neue Provinz den sogenannten Nordsüdkanal ausgeführt und damit den ersten Schritt getan, leider freilich nur einen halben Schritt, denn, nachdem die Kanäle fertig waren, hat sie dieselben einer Genossenschaft übergeben, welche aber nicht die nötigen Mittel besaß, um das Geschaffene wirtschaftlich zu entwickeln. Bei unserer deutschen Art des Vorgehens haben wir also von den Holländern nur den Anfang übernommen: die Schaffung der Vorflut, und diese bleibt auch die erste Bedingung weiterer Kultur, denn, wenn das Moor nicht entwässert wird, kann die anzubauende Pflanze nicht Luft bekommen und nicht gedeihen. Mit der weiteren Kultivierung der Moorflächen sind wir dann aber in eigner Weise vorgegangen, und dabei ist es vor allem zu statten gekommen, daſs gerade zu dieser Zeit Liebigs Lehren in der Landwirtschaft zum Durchbruch und zur Erkenntnis gelangten und Liebig durch das Experiment nachweisen konnte, daß neben der Entwässerung des Moorbodens noch die Zuführung bestimmter Pflanzennährstoffe, die ihm fehlen, für die Kultur absolut notwendig ist. Es war, wie ich wohl sagen darf, ein besonders glücklicher Umstand, daß der wichtigste dieser fehlenden Stoffe, das Kali, sich gerade bei uns fand und der Landwirtschaft preiswert zugänglich gemacht werden konnte. Eine weitere Hilfe hat uns dann der Thomasprozeß mit der phosphorhaltigen Thomasschlacke gebracht, und so ist denn in Deutschland die neue Form der Nutzbarmachung der Moore wesentlich diesen beiden Quellen entsprossen.

Ich möchte es nicht unterlassen, Ihnen als handgreiflichen Beweis für die direkte Nährwirkung des Kalis ein höchst interessantes Objekt vorzulegen, welches ich Herrn Prof. v. Feilitzen, dem Leiter der Schwedischen Moorkulturstation in Jönköping verdanke. Es sind zwei Bilder von Pflanzen, die auf demselben Moorboden gewachsen sind, und zwar auf der einen Fläche ohne Zugabe von Kali, auf der anderen direkt benachbarten nach Düngung mit Staßfurter Kalisalz. Diese beiden Abbildungen sprechen eigentlich besser als der längste theoretische Vortrag über den Effekt der Kalidüngung. Hinzufügen will ich nur, daſs die Fläche, auf der Kali zugegeben wurde, die vierfache Ernte gegenüber der ohne Kali bestellten lieferte.

Ich kehre nach dieser Abschweifung zu den Emsmooren zurück. Der Notstand im Jahre 1867 brachte die dortige, sehr konservative kleinbäuerliche Bevölkerung dazu,

die Kalisalze, welche ihnen notabene zunächst gratis zur Zerfügung gestellt wurden, zur Düngung zu verwenden. Das Resultat war ein so günstiges, daß sich die neue Kulturmethode rasch Bahn brach, umsomehr, als auch weitere Kreise an deren Einführung lebhaften Anteil nahmen. Bereits im Herbst 1868 hatte sich im Kirchspiel Neuarenberg eine landwirtschaftliche Genossenschaft zur Abstellung des Moorbrennens gebildet, deren Statut nebst zugehörigen Erläuterungen ich Ihnen hier vorlege (Anlage A.). Diese Bestrebungen wurden dadurch gefördert, daß man durch eine rationelle Düngung die Beseitigung der bis dahin in den Moorgebieten üblichen Brandkultur überhaupt erhoffte, durch welche über ganz Nordwestdeutschland im Frühjahr der berüchtigte Moorrauch (Haarrauch oder Höhenrauch) verbreitet, und sowohl die Vegetation, wie die Gesundheit und Stimmung der Menschen geschädigt wurde. In einer Versammlung der Wirtschaftlichen Gesellschaft für Norddeutschland, welche am 17. Oktober 1869 in Emden stattfand, wurde deshalb auf meinen Antrag beschlossen, einen allgemeinen Verein gegen das Moorbrennen zu gründen und für diesen Zweck auch die neue rationelle Kulturmethode zu fördern und zu unterstützen. Ein Auszug der Verhandlungen dieser Gesellschaft liegt hier ebenfalls vor (Anlage B.).

Leider kam uns in den 70er Jahren der Kulturkampf in die Quere. Die in den Moorgegenden bei Lingen und Meppen sehr einflußreiche katholische Geistlichkeit, welche zuerst unsere Anregung für Bildung von Kulturgenossenschaften usw. lebhaft unterstützt hatte, zog sich zurück und es trat hierdurch ein großer Stillstand ein. Glücklicherweise nahm aber dann die preußische Regierung die Sache mit bedeutenden Mitteln auf, indem sie zunächst in der Stadt Bremen eine große Versuchsstation für eie wissenschaftliche Untersuchung der Moore gründete und für diese Aufgabe auch gleich in dem jetzigen Geheimrat Fleischer den rechten Mann zu finden wußte. Mit weiterer Unterstützung der preußischen Regierung entwickelte sich dann aber aus dem noch schwachen Verein gegen das Moorbrennen den „Verein zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche“ der im Jahre 1883 gegründet wurde und 1887 in Berlin seine erste Ausstellung durchführte, die freilich bei unserem städtischen Publikum nur geringem Verständnis begegnete. Ich hatte damals noch die Freude, dort unseren verewigten Vorsitzenden, Exzellenz Delbrück zu führen; er war einer der wenigen Berliner,die sich einfanden.

Jetzt, nach 17 Jahren, ist nun hier die zweite Moorausstellung veranstaltet, und zwar unter Leitung des Freiherrn v. Wangenheim, jetzigen Präsidenten des Deutschen Moorvereins, der auch persönlich durch ausgedehnte Experimente viel zur Förderung der rationellen Moorkultur beigetragen hat.

Die jetzige Ausstellung war am Lehrter Bahnhof im Ausstellungsgebäude in großem Maßstabe durchgeführt. Unter den 275 Nummern des Katalogs fanden sich auch eine Menge künstlerisch und kulturell interessanter Objekte, von denen ich nur das getreue Modell einer Moorkathe mit der ursprünglichen Einrichtung und die beiden, von Hans am Ende, einem Künstler der Worpsweder Schule gemalten prachtvollen Moorlandschaften erwähne.

Das Ausstellungsprogramm hatte drei Gruppen vorgesehen, von denen die erste Gruppe die Moore als Gegenstand naturwissenschaftlicher Forschung, die zweite Gruppe

die land- und forstwirtschaftliche Nutzung der Moore und als dritte Gruppe die industrielle Ausbeutung der Moore umfaßte.

In dem wissenschaftlichen Teil konnte die Ausstellung der jetzt von Professor Tacke, dem tüchtigen Nachfolger des hier nach Berlin berufenen Geheimrat Fleischer geleiteten Moorversuchsstation in Bremen als die führende bezeichnet werden, sowohl in Bezug auf die Menge, wie auf den Wert des Gebrachten. Aber von großem Interesse war auch die beinahe zu bescheiden hergerichtete Ausstellung der neuen bayerischen Moorversuchsstation unter Professor Baumann. Auf kleinem Raum war dort viel Neues und Interessantes zusammengebracht, darunter auch eine Menge von Dingen, die nicht bloß für die spezifische Moorkultur von Bedeutung waren, sondern auch für jeden Ingenieur Interesse boten, so namentlich die über die Entwässerung von größeren Terrains und dergl. Hoffentlich erscheinen die schönen Profile demnächst auch im Druck.

In sehr glänzender Weise war Österreich vertreten. Österreich hat vor drei oder vier Jahren für seine Moorbezirke, mit Ausnahme von Galizien, eine besondere Moorkulturstation an die landwirtschaftliche Hochschule in Wien gegründet und hat auch das Glück gehabt, dafür zwei sehr tüchtige Männer zu finden, Herrn Dr. Bersch, der in Wien die Sache leitet und Herrn Schreiber, der die praktische Moorversuchsstation in Sebastiansberg führt.

Betreffs Moorausnutzung sind uns die Österreicher in einer Richtung seit langem voraus. Es wird ja den Herren Hüttenleuten bekannt sein, daß in den Österreichischen Alpen vielfach Hüttenbetrieb mit Torf existierte und das Gleiche war auch auf den österreichischen Salinen der Fall. Daraus hat sich ein sehr wertvolles Marerial in Bezug auf die Moorwirtschaft angesammelt, das aber jetzt leider nur in den Büchern figuriert. Ich bin selbst noch einmal nach der Saline Aussee gefahren, um mir die dortige Torfverwertung anzusehen, aber da hieß es, seit drei Jahren sind wir nicht mehr im Besitz solcher Feuerung, da jetzt Lignit benutzt wird, und ebenso wie dort, geht es auf allen größeren Hüttenwerken, denn bei den Massenerzeugungen ist ein konzentriertes Feuer Hauptbedingung, und die bei schlechterer Witterung unsichere Torfgewinnung vermag auch einen geregelten Großbetrieb nicht zu sichern. Es gibt indes noch eine Menge kleinerer Anlagen, in denen Torf verwertet wird. Ebenso wird er noch in einzelnen Glashütten und für andere Zwecke verbraucht.

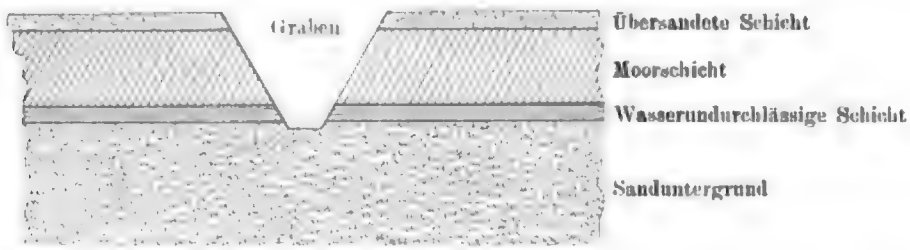
Ein in wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Beziehung hochinteressantes Gebiet wird besonders von der unter Leitung des Herr Professor v. Feilitzen stehenden Schwedischen Moorkulturstation gepflegt. Man hat sich dort mit Rücksicht auf die durch Ungunst des nördlichen Klimas, Spätfröste usw. für die Pflanzenkultur bestehenden Schwierigkeiten die spezielle Aufgabe gestellt, Nutzpflanzen mit möglichst kurzer Vegetationszeit zu züchten. Zu diesem Zwecke werden sowohl aus dem Saatkorn, wie aus den daraus erwachsenen einzelnen Pflanzen durch jahrelange Auswahl die besten, kräftigsten und zugleich schnellwüchsigen Individuen für die Fortpflanzung einzelner Getreidearten ausgewählt und fortgezüchtet. Auf diesem, übrigens auch bei uns bekannten Wege haben die Schweden ganz wunderbare Resultate erzielt, derart, daß sie die Reifezeit der auf dem Moor kultivierten Körnerfrüchte um drei Wochen und mehr verkürzen konnten und dabei doch schwere und gute Körner geerntet haben.

Digitized by Google

Höchst interessant war auch die Finnische Ausstellung, in der besonders die äußerst reiche Kollektion der nordischen Moos- und Moorflora jeden Botaniker entzückte. Auf Grund der ihnen gewordenen wissenschaftlichen Belehrungen und Erfahrungen sind die Landwirte des Nordens verhältnismäßig mit die stärksten Konsumenten unserer Kalisalze.

Ich muß es mir leider versagen, hier auf die zahlreichen anderen hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen der Versuchsstationen einzugehen. Sie alle boten ein Bild stillen, aber regen Forschens und Arbeitens, das von uns, die wir inmitten des großstädtischen Lebens stehen, kaum ausreichend gewürdigt werden kann.

In der zweiten, der land- und forstwirtschaftlichen Kultur gewidmeten Gruppe der Ausstellung waren die beiden Haupttypen der Moorkultur, die Rimpausche Dammkultur und die neuere Hochmoorkultur, vertreten. Die von Rimpau zuerst in dem Drömlingsmoor erfolgte rasch durchgeführte Dammkultur beruht darauf, daß in



einem flachen Moor, zumeist Niederungsmoor nach Schaffung genügender Vorflut zunächst tiefe Gräben eingeschnitten werden, die bis auf den Sand herabgehen, etwa wie ich es hier skizziere. Es wird dabei die für Wasser undurchlässige Schicht durchbrochen und mit dem darunterliegenden Sande, der aus den Gräben herausgenommen ist, wird die obere Moorfläche überdeckt. Dadurch wird zunächst das Moor zusammengedrückt und entwässert, und außerdem hat diese Sanddecke die physikalisch sehr wichtige, Eigenschaft, die Wärmeausstrahlung, welche bei dem schwarzgefärbten Moor eine sehr große ist, zu mildern und dadurch das Ausfrieren der Pflanzen zu verhüten. In diese obere, ungefähr 10 cm dicke Schicht von an sich nahezu unfruchtbarem Sand wird dann die Düngung eingebracht, und erfolgt die ganze Bestellung nur mit Hilfe sehr flacher leichter Pflüge ebenfalls nur in dieser oberen gedüngten Schicht. Haben sich dann die ausgesäten Pflanzen einigermaßen entwickelt und sind mit Hilfe der zugegebenen künstlichen Düngemittel zu Kräften gekommen, so schicken sie von selbst ihre Wurzeln in das darunterliegende Moor und nehmen dessen für die Pflanzenernährung brauchbare Bestandteile auf, und die Menge dieser letzteren ist keine geringe, denn die Grünlandsmoore sind reich an Stickstoff und Phosphorsäure, welche infolge der Lüftung für Aufnahme durch die Wurzeln zugänglich und löslich gemacht werden und der Pflanze zu reichlichem Wachstum und Gedeihen verhelfen.

Diese Rimpausche Dammkultur war lange Zeit das A und O des Agrikulturchemikers und hat, richtig gehandhabt, so klare Ergebnisse geliefert, wie ein Labo-

Digitized by Google

ratoriumexperiment; sie war gewissermaßen eine einfach ins große übertragene Wiederholung der wissenschaftlichen Versuche, die Liebig früher mit sogenannter unfruchtbarer Moorerde durchgeführt hatte. Aber ein Mangel stellte sich dabei oft in ökonomischer Beziehung heraus, nämlich die hohen Kosten, welche die erste Anlage erforderte. Eine derartige Dammkultur kostet bei mittleren Löhnen per Morgen 150 – 300 ℳ und konnte sich bei hohen Lohnsätzen überhaupt nicht bezahlt machen, namentlich wenn die Moorschicht eine sehr dicke war, wie es z. B. bei den Hochmooren oft der Fall ist, wo man es mit Moorlagen zu tun hat, die in einzelnen Fällen 3 m und noch mehr stark sind und bei denen es nebenbei nicht möglich ist, die Gräben ohne starke kostspielige Dossierungen zu erhalten.

Aus diesen und einigen anderen Gründen haben sich unsere Kulturtechniker in der letzten Zeit mehr der sogenannten Hochmoorkultur zugewandt, bei welchen letzteren die Flächen ohne Dämme und Gräben in der Weise bestellt werden, daß man auf dem Moorboden, nachdem nur die oberste lockere Schicht durch Abbrennen usw. beseitigt ist, direkt künstliche Düngemittel in großen Mengen aufbringt; man hat damit auch gute Resultate erzielt.

Diese Hochmoorkultur war in einer Reihe von sehr schönen Modellen vertreten und in einer ganz besonders interessanten Schrift von Herrn v. Schöning in Schöningshof waren dazu noch weitere Aufklärungen und Illustrationen gegeben. Ich lege letztere im Original vor, da es mir in der kurzen Zeit nicht mehr möglich war, die Bilder fdr den Projektionsapparat herzurichten. Das erste Bild zeigt das unkultivierte Hochmoor mit der aus Torfsoden gebauten schornsteinlosen Kathe, in welcher der Moorkolonist früher gehaust hat, und die anderen zeigen die jetzigen Wohn- und Wirtschaftsverhältnisse nach Durchführung der Hochmoorkultur. Diese Kulturmethode hat durch die Leichtigkeit, mit der man bei verhältnismäßig geringen Anfangskosten das Hochmoor zum Ertrag bringen kann, manches Bestechende und ist für den Landwirt zunächst auch wohl empfehlenswert. Anders stellt sich aber das Exempel, wenn man die Sache einmal vom allgemein volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte aus betrachtet. Bei solchen Mooren, die wie einzelne der am Südnordkanal gelegenen bis zu 4 und 5 m und selbst darüber mächtig sind, liegt der Hauptwert nicht im Acker, sondern im Torf, der darüber ist, das sollten wir eigentlich von den Holländern nachgerade gelernt haben. Bei der Hochmoorkultur wird aber dieser eigentliche offenliegende Wert, also die Summe von Energie, die in dem Torf geboten ist, nicht gehoben, sondern bleibt ungenutzt liegen. Stellt man nun eine Rechnung an, bei der die mittlere Mächtigkeit der Hochmoore nur mit $2^1/_2$ m angenommen und für den Torf nur ein Preis von 20 Pfg. pro Doppelzentner angesetzt wird, dann kommt man dazu, daß der Torf bei dem Abbau einen Wert von Brutto etwa 5000 ℳ pro Hektar repräsentiert, während die abgetorfte Fläche, gerade wie es in Holland der Fall ist, ebensogut, wenn nicht besser, zur Verwendung als Ackerland verbleibt. Der eigentliche Kapitalwert, aus dem sich der holländische Fehnkolonist erst die Mittel zur weiteren Bearbeitung des Landes schafft, wird also bei der Hochmoorkultur gar nicht ausgenutzt.

Den größeren volkswirtschaftlichen Nutzen, welchen die Verwertung der Torfmassen bietet, erkennt auch Schöning in seinem Bericht über die Hochmoorkultur

Digitized by Google

ohne weiteres an. Er bezeichnet die nach langjährigen Verhandlungen der beteiligten Regierungen durchgeführte Verbindung des preußischen Südnordkanals mit dem Hoogeveen-Kanal und dadurch mit dem gesamten System der holländischen Moorkanäle als den Beginn einer neuen industriellen Entwicklung des Bourtanger Moores. Schon jetzt seien dort von holländischen Kapitalisten und Unternehmern ca. 6000 Morgen Moore zur Abtorfung und späteren Anlegung von Veenplaatzen nach dem altbewährten holländischen Verfahren erworben. Selbstverständlich ist dieses holländische System der Verfehnung zunächst nur da möglich, wo man für den Torf einen offenen Markt findet. Für andere Gebiete muß man sich einstweilen noch mit dem Erfolg der Hochmoorkultur begnügen. Von diesem Gesichtspunkt aus ist es mit Freude zu begrüßen, daß die preußische Domänenverwaltung und ebenso viele Provinzialverwaltungen diese Form der Moorwirtschaft mit großer Energie aufgenommen und dafür besonders in Hannover, Ostpreußen und Pommern große Aufwendungen gemacht haben. Die im Großbetrieb gewonnenen Erfahrungen sind dann durch Stationierung und Ausbildung von Wanderlehrern auch den kleineren Landwirten zugänglich gemacht, und war in dieser Beziehung der von der Pommerschen Provinzial-Moor-Kommission erstattete Bericht über das Hochmoorkolonat in Giesebitz, einer kleinen, ziemlich armen Gemeinde am Lebasee besonders interessant. Die mitgeteilten Kulturpläne, sowie die ausgestellten Früchte zeigten in der Vermehrung des Viehstandes, sowie in der Quantität und Qualität der Ernte die überraschenden Fortschritte, welche in wenigen Jahren mit verhältnismäßig geringen Mitteln selbst von kleinen Besitzern dort erzielt waren.

Als ein in ganz anderer Beziehung interessantes Ergebnis der Moorkultur möchte ich aber noch eine von Herrn von Braunschweig-Wollin ausgestellte Kollektion von Rehgehörnen erwähnen, welche zeigte, daß selbst die Ernährung des Wildes auf gut gedüngtem Moorboden eine andere ist, als auf dem wilden Moor.

Einen Fortschritt, der auf einem ganz anderen Gebiet, dem sozial-ethischen, liegt, hat die Anlegung neuer Moorkolonien für die Beschäftigung der Strafgefangenen gebracht. Es wurde ja früher vielfach über die Konkurrenz geklagt, welche durch die Arbeit in den Strafanstalten dem bürgerlichen Gewerbe erwächst. Bei der Verwendung der Gefangenen für Urbarmachung bisher wüster Moore fällt diese Konkurrenz nicht nur weg, sondern es wird den Sträflingen auch eine gesunde Tätigkeit in freier Luft geboten, durch welche sie für die landwirtschaftliche Arbeit erhalten und fortgebildet werden. Höchste Anerkennung verdient hierbei das Wirken des Geheimen Oberregierungsrat Dr. Krohne, auf dessen Veranlassung auch alle für Unterbringung und Beköstigung der Gefangenen auf den Arbeitsstätten getroffenen Einrichtungen ausgestellt waren. Ein näheres Eingehen auf alle in dieser Abteilung gebotenen Objekte würde zu weit führen, und ich gehe deshalb nur auf den dritten Teil der Ausstellung, welcher der industriellen Verwertung des Torfes gewidmet war, über.

Die einfachste Form hierfür ist die Verwendung als Torfstreu. Zu diesem Zweck wird das obere leichtere Moor abgeeggt, getrocknet und durch eine Art von Reißwolf passiert, und erhält man so das als Torfmull oder Torfstreu bezeichnete Material, welches Ihnen wohl auch bekannt sein wird. Nachdem die Holländer diese

Fabrikation zuerst aufgenommen hatten, sind auch in Deutschland, namentlich in Oldenburg, eine große Reihe von Fabriken dafür etabliert, welche gut reüssieren. Namentlich in Zeiten von Strohmangel bietet die Torfstreu ein gutes Aushilfsmittel für die Landwirtschaft. Wie weit die Behauptung, daß Torfstreu auch desinfizierend auf Fäkalien wirkt, zutreffend ist, vermag ich nicht anzugeben, jedenfalls ermöglicht sie durch rasches Aufsaugen der Jauchen eine bessere Konservierung der Abfallstoffe.

Eine andere Verwendung der organischen Bestandteile des Torfes von der recht oft in Journalen und Patenten die Rede ist, betrifft die Verwendung zu Gespinnstfasern und zu Papier, aber trotz der Unzahl von Patenten, die dafür genommen sind, ist nach dieser Richtung im Ganzen noch nichts erreicht, was als ein praktisches Resultat bezeichnet werden könnte. Der Grund hierfür liegt nicht in einer mangelhaften Technik, sondern in der Beschaffenheit des Rohmaterials selbst. Diejenigen Pflanzen, welche die Hauptmasse des Torfes bilden, also die Heidekräuter, zeigen selbst im frischen Zustande, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet, eine sehr kurze Faser und diese ist durch die Vermoderung noch brüchtiger und weniger haltbar geworden und eignet sich, da sie schlecht filzt, auch wenig zum Verspinnen. Die einzige von den das Moor bildenden Pflanzen, welche vielleicht einen Spinnstoff abgeben könnte, das Wollgras (Eriophorum vaginatum) findet sich in einzelnen Mooren in starken oft bis zu $^3/_4$ m mächtigen Lagen vor, und ist bei ihm die Verrottung der Faser noch nicht so weit vorgeschritten, um sie brüchtig zu machen. Aber die Fasermasse ist mit allen möglichen Extraktivstoffen durchtränkt, und man muß zu ihrer Freilegung und Reinigung erst eine ganze Reihe von chemischen Prozeduren unter Anwendung von Soda und Säure vornehmen, bei der man wohl schließlich ein Produkt erzielt, welches sich in Schaukästen oder im Museum sehr hübsch macht. Stellt man aber die für Gewinnung dieses Surrogats nötigen Kosten sorgfältig zusammen, so ergibt sich, daß dasselbe mehr kostet, als die gewöhnliche Spinnfaser, welche man dadurch ersetzen will, und damit ist dieser Sache finanziell und technisch das Urteil gesprochen. Dasselbe gilt auch von der Verwendung des Torfes zu Papier. Es bedarf ja keines Beweises und keiner neuen Patente für die Möglichkeit, Torffaser ebenso gut in den Papierbrei zu bringen, wie Holzschliff oder selbst Chinaclay, aber die Torffaser hat kaum mehr Bindekraft, wie diese Stoffe, und wenn man nicht andere gute Feuerstoffe (Lumpen oder Zellulose) als Grundmasse verwendet, so erhält man niemals ein festes und brauchbares Papier.

Das Hauptgebiet der Torfverwertung bildet noch immer seine Verwendung als Brennstoff. Schon Tacitus berichtet, daß die Römer an der Nordsee Völkerschaften gefunden hätten, die ihre Speisen mit Erde kochten, und wahrscheinlich in derselben Weise, wie damals, wird auch heute noch der Torf mit dem Spaten abgestochen und auf die hohe Kante gelegt und getrocknet. Aber der so gewonnene Stichtorf hat die Eigenschaft, sehr locker zu sein, und da er bei geringem Brennwert großen Raum einnimmt, so ist er nur in der nächsten Umgebung der Torfmoore zu gebrauchen. Um diesen Übelstand zu beseitigen und den Brennstoff im Torf zu konzentrieren, sind die mannigfachsten Versuche gemacht, von denen ich aber als mit großen Mitteln und nach richtigen Grundsätzen ausgeführt, nur diejenigen erwähne, welche bereits in den

vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts von den Herren v. Exter und v. Weber für die Bayerische Eisenbahnverwaltung gemacht wurden.

Man ist dabei im Prinzip richtig vorgegangen, indem man die in den Torfmassen enthaltenen langen Fasern, welche eine Verdichtung derselben durch Pressen usw. unmöglich machten, durch Zerkleinern und durch Wolfen beseitigte und dann eine Verdichtung der erhaltenen breiigen Masse durch Trocknen und Pressen bewirkte. In gleicher Weise ist man dann später auch in Oldenburg bei Herrichtung des Torfes für die Lokomotivheizung vorgegangen, aber dort, wie in Bayern stellte es sich bald heraus, daß selbst dieses konzentrierte Torfmaterial für eine intensive Dampferzeugung nicht ausreichend war, und hat man im Eisenbahnbetrieb schon aus diesem Grunde die Torfheizung zu gunsten der Steinkohle aufgegeben.

In kleinerem Maßstabe hat man jedoch die bei Fabrikation der Braunkohlenbriketts gewonnenen Erfahrungen für Herstellung von Torfbriketts benutzt, ein Betrieb, der sich aber nur an solchen Orten lohnend zeigte, wo Torfbrikettes oder Steinkohlen abnorm teuer waren. Soweit mir bekannt, existieren bisher Torfbrikettsfabriken nur in sehr geringer Zahl.

Ein Verfahren, bei welchem die Idee zu Grunde lag, den chemischen und mechanischen Prozeß der Konzentration der Torfmasse dadurch zu vereinigen, daß man die vorgewärmte Torfmasse zwischen erhitzten Platten einem hohen Druck unterwirft, war auch auf der Ausstellung vertreten. Ich habe aber nicht kontrollieren können, wie weit die Angaben über die abnorm hohen Heizwerte und die sehr niedrigen Herstellungskosten, welche für dieses Produkt gemacht wurden, zutreffende sind und stehe ihnen einstweilen noch skeptisch gegenüber.

Ein weiteres, theoretisch durchaus bewährtes Mittel zur Konzentration des Brennwertes im Torf bietet die Torfverkohlung, mit welcher man ebenfalls seit langer Zeit experimentiert. Die einfachste Form der Verkohlung ist die in Meilern, wie solche auch für Holzkohle von Alters her bekannt sind. Von diesem Meilerbetrieb ging man dann zur Verkohlung in Öfen über, die zunächst aus gemauerten runden Schächten bestanden, in welchen man, nachdem sie bis oben mit Torf gefüllt waren, die Masse von oben herab entzündete und den entwickelten Rauch durch einen mit der Sole des Ofens verbundenen Schonstein ableitete. Man erreichte hierdurch den bedeutenden Vorteil, daß die verkohlte Masse nicht zerdrückt wurde, da sie auf noch unverbranntem Torf ruhte. Nach ähnlichem Prinzip sind dann eine Reihe anderer, zum Teil komplizierterer Öfen konstruiert worden, wie z. B. die in Trinngel bei Gifhorn. In der dort von Herrn Ökonomierat Rothbart geleiteten, in praktischer Beziehung mustergültigen Torfgewinnungsanlage werden aus dem vorgetrockneten und vorgepreßten Torf ziemlich dichte und feste Koke erhalten, die für einzelne Zwecke ganz brauchbar sind und von der Hannoverschen Eisenbahnverwaltung auch zur Coupéheizung verwendet wurden.

Ein neueres, ebenfalls auf der Ausstellung vorgeführtes Verfahren, welches Aufsehen erregte und gewisse Beachtung verdient, ist dasjenige des Ingenieurs Martin Ziegler in Berlin. Herr Ziegler hat die reichen Erfahrungsn, welche er früher bei der Verschweelung von Braunkohle gesammelt hat, auf die Torfverkohlung mit Geschick und Umsicht übertragen. Ziegler verkohlt den Torf nicht durch offenes Feuer, son-

Digitized by Google

dern in stehenden Retorten, deren Beheizung er ähnlich, wie das bei den neueren Kokesöfen geschieht, durch die bei der Verkohlung selbst entwickelten abgehenden Gase bewirkt. Um die in diesen Gasen enhaltenen kondensierbaren Produkte zu gewinnen und um gleichzeitig die Heizkraft der Gase durch Beseitigung des darin enthaltenen Wasserdampfes zu erhöhen, läßt Ziegler dieselben zunächst ein Kühlsystem passieren und gewinnt dabei Teer, Ammoniak, Holzgeist und Essigsäure als Nebenprodukte, aus welchen er durch weitere Raffination Paraffin, sowie Leuchtole und verschiedene wertvolle chemische Artikel herzustellen vermag.

Die aus den Retorten fallende Kohle ist, wenn der dafür benutzte Rohtorf recht aschenfrei und auch sonst geeignet war, dicht und fest, und soll besonders von den Kupferschmieden und anderen Metallarbeitern gern verwendet und hoch bezahlt werden; auch als Ersatz für den Authracit in sogenannten amerikanischen (Cadé-) Öfen wird diese Torfkohle empfohlen.

Bedenklich erscheint er mir nur, ob man auch bei massenhafter Herstellung des Materials so hohe Preise dafür wird erzielen können, wie sie Ziegler jetzt bei seinen Betriebskalkulationen einsetzt. Wenn man aber mit diesen, in ihrer Anlage ohnedies recht kostspieligen Öfen nur Kohle erzeugen kann, die für gewisse Spezialbetriebe verkäuflich ist, so können auf diesem Wege große Torfmassen nicht verwertet werden. Dieses letztere Ziel ist es nun, welches ich bei meinen, auch hier schon früher erörterten Vorschlägen über Verwertung der Torfmoore speziell ins Auge gefaßt und seit Jahren weiter verfolgt habe. Ich habe mir gesagt, daß, wenn es nicht gelingt, den Torf preiswert in eine Form zu bringen, welche seinen Transport bis zu den Orten industrieller Verwertung lohnt, so müsse man die Aufgabe von der anderen Seite anfassen und behufs Beseitigung der unerschwinglichen Transportkosten die Industrie eben näher an das Torflager heranbringen.

In den Vorschlägen, welche in dem Verein für Gewerbefleiß und der Zentralmoorkommission bereits im Jahre 1897 unterbreitete, hatte ich die Verwendung des Torfes zum Betriebe großer Dampfmaschinen nebst daran angeschlossener Dynamos ins Auge gefaßt, von welchen die erzeugte Elektrizität entweder an Ort und Stelle für elektrochemische und elektrometallurgische Prozesse entnommen werden oder durch Fernleitungen im hochgespannten Zustande den Industriezentren zugeführt werden sollten. Bei der weiteren Verfolgung dieser Pläne sind mir dann namentlich die Resultate zu statten gekommen, welche in den letzten Jahren durch Ausbildung des Großgasmaschinenbetriebes und der Benutzung armer Kraftgase erzielt wurden.

Was speziell die Verwendung der Hochofengase betrifft, so möchte ich Ihnen dafür nur einige Zahlenangaben machen. Ein Hochofen des jetzt üblichen größeren Typs mit einer Tagesproduktion von 300 tons Eisen liefert pro Tag 1 350 000 cbm Gase, also rund 1000 cbm Gas per Minute, welches einen durchschnittlichen Heizwert von 900–1000 Kalorieen per Kubikmeter hat. Von dieser Gesamtproduktion an Gasen ist nur die Hälfte bis höchstens $^2/_3$ für Wiederhitzung und Betrieb der Gebläsemaschinen nötig, und man kann reichlich $^1/_3$ für andere Kraftzwecke abgeben und ausnutzen, wie dies jetzt auch bereits in den Großgasmaschinen, die von verschiedenen Firmen für diesen Zweck konstruiert sind, mit bestem Erfolge geschieht. Auch auf den Hütten-

werken wird die so gewonnene Kraft meist in Elektrizität transformiert und so nach dem Gebrauchsort weiter geleitet, resp. dort in ihrer Abgabe und Verwendung geregelt. Auch in der Fortleitung der Kraft auf größere Entfernungen sind in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht, da man diese Fortleitung jetzt mit wesentlich höherer Spannung und geringerem Energieverlust bewirkt, als man es früher für möglich hielt. Es wird Ihnen ja bekannt sein, daß man jetzt mit Spannungen von 40—50 000 Volt operiert und dementsprechend schwächere Leitungsdrähte verwenden kann.

Mit der gelungenen Einführung der Großgasmaschine bei den Hochöfen hat auch das Studium und die Ausbreitung der ebenfalls mit armen Gasen arbeitenden Sauggasmaschine Schritt gehalten; wurden für den Betrieb der Sauggasgeneratoren zunächst nur Kokes oder Anthrazit verwendet, so hat man in den letzten beiden Jahren für diesen Zweck auch geringwertigere Brennstoffe herangezognn, und es sind jetzt schon eine Reihe von Sauggasmaschinen im Betrieb, deren Generatoren mit geringer erdiger Braunkohle gespeist werden, welche einen Wassergehalt von und 50 % hat.

Die hierbei gewonnenen überraschenden günstigen Erfahrungen haben mich nun bestimmt, auch die Verwendung von Torf für den Großgasmaschinenbetrieb in Betracht zu ziehen, umsomehr, als bereits die ersten Versuche zeigten, daß man das aus Torf mit einem Wassergehalt von 50 % gewonnene Kraftgas mit gutem Erfolg zum Maschinenbetrieb benutzen kann, da dasselbe noch einen Heizwert von 11—1200 Kalorieen besitzt, der also den des Hochofengases noch übertrifft.

Mit der Möglichkeit, den ungeformten, nur schwach abgetrockneten Torf in Generatoren zu vergasen, war aber das Haupthindernis, welches sich bisher der Massenverwertung des Torfes für den Großbetrieb entgegenstellte, überwunden, weil die Kosten und das Risiko, welche bisher mit dem Formen und Trocknen des Torfes verknüpft waren, nunmehr in Fortfall kamen. Die weiteren Versuche, welche auch in früheren Arbeiten von Lürmann ihre Bestätigung fanden, ergaben nun, daß ein Doppelzentner Torf bei der Vergasung 250 cbm Gas liefert und daß man von diesem Gase bei sehr reichlicher Rechnung pro Pferdekraftstunde 4 cbm verbraucht, oder mit anderen Worten: mit 1 Meterzentner Torf 60 Pferdekraftstunden gewinnen kann. Dagegen würde also eine große Gasmaschine, von 2500 HP, wie dieselbe hier im Entwurf vorliegt, pro Jahr nur 24 000 Tonnen Torf gebrauchen, während ich bei meinen Ihnen im Jahre 1897 mitgeteilten Voranschlägen für den Betrieb von Dampfmaschinen bei gleicher Leistung noch einen Konsum von 50 000 Tonnen Torf für die Kesselfeuerung zu Grunde legen mußte. Es tritt also hierbei eine Ersparnis von mehr als 50 % ein. Führt man nun auf Grund dieser Kalkulation die Sache weiter durch, so ergibt es sich, daß es unter diesen Umständen wohl möglich ist, in den Torfgebieten bei Annahme eines Preises von 20—25 ₰ pro Doppelzentner Rohtorf die elektrische Kraft etwa mit 80 ℳ pro Pferd und Jahr zu erzeugen, d. h. also nahezu zu gleichen Preisen, wie solche von vielen Wasserkraftwerken, z. B. in Rheinfelden, in der Schweiz und selbst am Niagara berechnet werden; unter der Voraussetzung, daß die gewonnene Kraft auch voll, d. h. während 22 Stunden ihre Ausnutzung findet, würde sich die Pferdekraftstunde nur auf etwa 1 ₰ stellen. Eine solche vollkommene Ausnutzung ist aber selbst in industriereichen Gegenden nur schwer zu erreichen, da auch dort viele Fabriken nur Tages-

betrieb haben. Glücklicherweise verfügen wir jetzt über eine Anzahl elektrochemischer Prozesse, welche auch einen diskontinuierlichen Betrieb zulassen, derart, daß man bei diesem die Kraft jederzeit verwerten und bei anderweitem Bedarf auch wieder abgeben kann.

Als für diesen Zweck an erster Stelle brauchbar ist das Calciumkarbid zu nennen, dessen Benutzung sich jetzt nicht mehr auf die Herstellung von Acetylen für Beleuchtungszwecke beschränkt, sondern durch seine von mir in Gemeinschaft mit Siemens & Halske festgestellte Fähigkeit, den atmosphärischen Stickstoff zu binden, ein Verwendungsgebiet von größter Ausdehnung gefunden hat, da es auf diesem Wege möglich ist, den Luftstickstoff direkt in Verbindungen überzuführen, welche sowohl als Düngemittel für Zwecke der Pflanzenernährung, wie auch für Darstellung zahlreicher anderer chemischer Produkte, von denen ich hier nur das Cyankalium nenne, verwendbar sind. Wie schon vorhin angedeutet, kann Karbid auch im diskontinuierlichen Betrieb erzeugt werden. In einem Elektrizitätswerk, welches, wie dies auch bei einem großen Teil unserer städtischen Zentralen der Fall ist, nur für gewisse Stunden volle Ausnutzung findet, kann also die zeitweise unverwertbare Kraftanlage für Gewinnung des Karbides benutzt werden, welche dann also gewissermaßen einen Akkumulator repräsentiert. Diese Tatsache ist nun für elektrische Kraftanlagen, welche fernab von großen Städten und Industriezentren etabliert werden, von ganz besonderer Bedeutung. Um einen konkreten Fall zu erörtern, greife ich wiederum auf die nordwestdeutschen Moorgebiete, also speziell die Emsmoore zurück. Böte die Ems in der Nähe ihrer Mündung eine große Wasserkraft, wie sich eine solche beispielsweise am Rhein an seinem oberen Lauf findet, so wäre diese Kraft gewiß schon längst gefaßt und ausgenutzt. In volkswirtschaftlicher Beziehung ist es nun aber ganz gleichgültig, ob eine solche Kraft einem Wasserfall oder einer anderen Energiequelle entstammt, vorausgesetzt natürlich, daß die Kosten in letzterem Falle keine höheren sind. Legen wir diese Prämissen für das Emsgebiet zu Grunde, so zeigt ein Blick auf die hier vorliegende Karte von Nordwestdeutschland, daß sich auch dort nicht nur schon jetzt für billige Kraft vielfache Verwendung findet, sondern daß gerade dieses Gebiet nach seiner geographischen Lage für weitere industrielle Entwicklung die günstigten Aussichten gewährt. In meinem für die Zentralmoorkommission im Dezember v. J. erstatteten Bericht habe ich speziellere Angaben darüber gemacht, von welchen ich hier nur das Wesentliche mitteilte.

Sowohl auf dem rechten, wie auf dem linken Ufer der Ems sind große unabgebaute Moorflächen vorhanden, von welchen das linksemsische Bourtanger Moor allein eine Fläche von 1400 qkm hat, während am rechten Ufer der Ems das Hümmlingsmoor mit etwa 1500 qkm und nördlich zwischen Ems-Hunte-Kanal und Ems-Jade-Kanal weitere größere Moorgebiete sich befinden. Das linksemsische Bourtanger Moor ist durch den Südnordkanal bereits zum großen Teil aufgeschlossen und entwässert; rechts der Ems ist jetzt mit einem Anfwand von 70 Millionen Mark der Dortmund-Ems-Kanal ausgeführt, welcher zwischen Meppen und Papenburg das Hümmlingsmoor berührt, und endlich ist für die nördlicher gelegenen Moore durch den Ems-Hunte-Kanal und Ems-Jade-Kanal die Möglichkeit ausreichender Trockenlegung geschaffen.

Neben der hierdurch und durch die Ems selbst gebotenen Wasserverbindung sind dann auf rechtsemsischem Gebiete die Eisenbahnlinien Münster-Emden, Bremen-Oldenburg-Leer mit ihren Abzweigungen nach Bremerhaven und Wilhelmshaven und einer größeren Zahl von Nebenlinien vorhanden. Speziell zum Emsgebiet gehören dann noch die Hafenplätze von Papenburg, Leer und Emden, von welchen letzterer in kurzer Zeit einer großen Entwicklung entgegengeht. Die südlich an der Ems gelegenen Städte Meppen und Lingen, sowie die ebenfalls noch zum Gebiete der Moore gehörigen Plätze Nordhorn und Schüttorf haben schon jetzt eine nicht unbedeutende Industrie.

Eine große, links der Ems im Bereich des Bourtanger Moors und etwa am Schnittpunkt des Südnordkanals und des Kanals nach Koeverden errichtete Kraftstation würde also zunächst für die Städte Meppen, Lingen, Nordhorn, eventl. auch Schüttorf, von welchen sie in 15—20 km Entfernung läge, Kraft und Licht abgeben können, und außerdem für den Betrieb der Schiffahrt mittelst elektrischer Touage auf dem Dortmund-Ems-Kanal, sowie bei späterem Bedarf auf dem Südnordkanal selbst mit Vorteil benutzt werden, wie ja auch ihre Verwendung als Betriebskraft für die Eisenbahnen in nicht zu ferner Zeit wohl zu erwarten ist. Weiter nach Norden würde dann für eine große Kraftstation links der Ems gegenüber von Papenburg etwa bei Rhede oder rechtsemsisch im Hümmlingsmoor in der Nähe von Papenburg ein geeigneter Platz sein, von dem aus wiederum Kraft bis nach Papenburg und Leer, sowie für den Bahn- und Schiffahrtsbetrieb abgegeben werden könnte, und endlich würde eine in den Mooren zwischen Ems-Hunte-Kanal und Ems-Jade-Kanal etablierte, also zwischen Wilhelmshaven und Emden gelegene Kraftzentrale diese beiden wichtigen Plätze, von deren jedem sie dann nur etwa 35 km in der Luftlinie entfernt wäre, mit elektrischer Energie versorgen können. Die Leitung nach Emden könnte über Aurich gehen, während an die Leitung nach Wilhelmshaven Jever angeschlossen werden könnte. Selbstredend würde auch hier wieder für den Schiffahrtsbetrieb auf dem Ems-Jade-Kanal und auf der nördlichen Ems Kraft disponibel sein.

Nach erfolgreicher Etablierung einer solchen zentralen Kraftanlage kann man auch mit Sicherheit voraussehen, daß die Moorgebiete Oldenburgs und der unteren Weser in gleicher Weise zur Ausnutzung gelangen und dadurch Bremen, wie Bremerhaven mit in den Kreis der Kraftversorgung hereingezogen werden könnten.

Darauf, daß die Übertragung größerer Kraftmengen auf verhältnismäßig so geringe Entfernungen bei dem heutigen Stande der Elektrotechnik keinerlei Schwierigkeiten bietet und auch nicht mit großen Kraftverlusten verbunden ist, habe ich schon vorher hingewiesen.

Bei Abgabe elektrischer Energie auf weitere Entfernungen wird man natürlich einen höheren Preis erzielen können, welcher nicht nur die Kosten des Leitungsnetzes verzinzt, sondern auch noch einen Extranutzen gewährt. Für alle auf diesem Wege nicht verwendbare elektrische Kraft ist aber in der Karbidfabrikation eine lohnende und jederzeit mögliche Verwendung geboten. Da bei dem jetzigen Stande der Karbidtechnik mit einer elektrischen Pferdekraft pro Jahr rung 1000—1200 Kilo Karbid hergestellt werden können, so würde in einer Zentrale von 10 000 Pferdekräften die Gewinnung von 10—12 000 tons zu ermöglichen sein. Dieses Prodkt würde bei Umwand-

lung in den bereits als wirksames Düngemittel erprobten Kalkstickstoff unter Aufnahme von 25 % Luftstickstoff 12 500—15 000 tons eines Düngematerials liefern, welches in seinem Effekt dem schwefelsäauren Ammoniak gleichwertig ist und selbst dem im übrigen etwas rascher wirkenden Chilisalpeter nahekommt.

Die Deutsche Landwirtschaft ist infolge unserer klimatischen und Bodenverhältnisse der größte Konsument von Stickstoffdüngern und verbraucht jährlich an schwefelsaurem Ammoniak 150 000 tons, an Chilisalpeter 500 000 tons; für ersteres sind wir zum Teil, für letzteren gänzlich dem Auslande tributpflichtig, und beträgt die Summe, welche dafür jährlich außer Landes geht, rund 100 Millionen Mark.

Sollte es, was ich bestimmt erwarte, möglich sein, auch nur für einen Teil dieser vom Ausland bezogenen Hülfsstoffe im Lande selbst Ersatz zu schaffen, so wäre dies für unser gesamtes Nationalvermögen ein großer Gewinn. Ganz besonders erfreulich würde es aber noch sein, wenn auf diesem Wege unsere bisher zum großen Teil noch unausgenutzten und wüsten Moorgebiete nicht nur selbst der Kultur und Industrie erschlossen würden, sondern auch der deutschen Landwirtschaft die Stickstoffdüngemittel liefern könnten, für deren Bezug sie jetzt auf die an der Westküste Amerikas gelegene Atacamawüste angewiesen ist.

Unsere Industrie versorgt schon jetzt den Ackerbau ausreichend mit Kali und Phosphorsäure. Nachdem es nunmehr gelungen ist, den bisher widerspenstigen Stickstoff der Atmosphäre zu binden, wird die Technik den Bedarf der Landwirtschaft an diesem für den Pflanzenbau gleich wichtigen Hülfsmittel ebenfalls beschaffen können und ein neues Band zwischen Industrie und Landwirtschaft knüpfen zu Ehren und zum Nutzen unseres Vaterlandes.

Vorsitzender: M. H., auf Vorschlag des Technischen Ausschusses sind bei dem Interesse, das der Gegenstand für weite Kreise erweckt, eine Anzahl Behörden, Vereine und Persönlichkeiten zu der heutigen Sitzung eingeladen worden, die durch Lehr- und praktische Tätigkeit dem Gegenstand, den wir verhandeln, nahe stehen. Ich habe die Freude, mehrere der eingeladenen Herren hier zu begrüßen, und bitte Sie, auch aus ihrer Erfahrung heraus uns mitzuteilen, was für den Gegenstand wertvoll erscheint.

Herr Jablonski, Generalsekretär des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche: Zunächst spreche ich dem geehrten Vorstande den verbindlichsten Dank aus, dafs er mich als Geschäftsführer des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche zu der heutigen Sitzung eingeladen hat, in welcher Herr Dr. Frank uns seinen interessanten Vortrag über die Ausstellung unseres Vereins „für Moorkultur und Torfverwertung“ gehalten hat. Ich möchte mir erlauben, auf einige Punkte, die der Herr Vorredner berührt hat, besonders einzugehen.

Zunächst hat er davon gesprochen, dafs bei den meisten Mooren im Untergrunde sich Ortstein oder überhaupt eine undurchlässige Schicht befinde, und hat gemeint, das wäre eine Voraussetzung für die Bildung der Moore. Das ist aber nach der Auffassung der Moorsachverständigen nicht der Fall. In den meisten Mooren, sowohl Niederungsmooren wie Hochmooren, haben wir besonders in den norddeutschen Mooren keine un-

durchlässige Schicht sondern meist durchlässigen Sand, sodafs die Moorbildung von einer undurchlässigen Schicht nicht abhängig sein dürfte.

Sodann hat der Herr Vortragende gemeint, die Kosten der Moordammkultur nach Rimsauschem System wären bei 200—300 ℳ pro Morgen so groß, dafs man deswegen davon abgekommen sei. Das ist auch nicht ganz der Fall; wenigstens kann man, wenn man die Melioration in eigner Regie ausführt, wie ich z. B. bei 120 Morgen Dammkulturen auf meinem Gute getan habe, mit 120 ℳ und noch weniger für den Morgen recht gut auskommen, indem man mit einer verlegbaren Eisenbahn eine Decke von 12 cm Sand auf das Moor aufbringt. Das sind die Hauptkosten neben der vorhergegangenen Entwässerung, die das allernotwendigste ist. Man ist von der Anlage der Moordammkulturen besonders deswegen zurückgekommen, weil die Getreidepreise sehr gesunken sind und weil die notwendigen Arbeitskräfte schwer zu bekommen sind. Man ist deshalb dazu übergegangen, die Niederungsmoore in Wiesen umzugestalten und zwar ohne jede Besandung. Es hat nämlich sich bei genauen Versuchen gezeigt, wie sie in ostpreußischen fiskalischen Mooren in Oberförstereien vorgenommen worden sind, dafs unbesandete Wiesen die Anlagekosten mit ungefähr 23 % verzinsen, während besandete Wiesen, trotzdem bei ihnen nur 5—6 cm Besandung notwendig ist, nur mit 11 % ihre Anlagekosten verzinsen, weil die Aufbringung des Sandes ziemlich teuer ist.

Ein anderer Punkt, den der Herr Vorredner vorgetragen hat, betrifft die Mächtigkeit der Moore. Soweit ich verstanden habe, hat Herr Dr. Frank gemeint, Flachlandsmoore, Grünlandsmoore seien im allgemeinen weniger mächtig als sogen. Hochmoore. Das ist nicht der Fall. -- Ich habe wohl falsch verstanden. — Wir haben z. B. Niederungsmoore die der Stadt Friedland in Mecklenburg gehören, die bis 11 und bis 16 m Tiefstand haben, während die meisten Niederungsmoore wie z. B. das Cunrauer Moor nur einen Meter stark sind. Diese sind natürlich für die Moordammkultur besser geeignet, weil die Entwässerung sehr leicht ist und die Gräben bei geringer Tiefe den zur Aufschüttung nötigen Sand liefern.

In der dritten Gruppe der Ausstellung hat der Herr Vortragende über Lokomotivfeuerung gesprochen. Es ist durchaus zuzugeben, dafs die Versuche in größerem Umfange früher in Bayern, in Oldenburg, auch in Württemberg gemacht sind und zum Teil heute noch in Württemberg fortgesetzt werden, aber zum größten Teil mifslungen sind. Dagegen scheint man in Schweden doch durchaus der Sache Herr zu werden. In Schweden werden die Lokomotiven jetzt mit Maschinentorf gefeuert, fälschlich auch Prefstorf genannt, und zwar haben die Eisenbahnverwaltungen die Möglichkeit, solchen Maschinentorf zu bekommen, der 5000 Wärmeeinheiten besitzt. Wir in Deutschland sind bis jetzt noch nicht in der Lage, solchen Maschinentorf zu beschaffen.

Wegen des Torfs für Feuerungszwecke möchte ich noch im allgemeinen bemerken, dafs hierfür der Hochmoortorf deswegen einen bedeutenden Vorzug vor dem Niederungsmoortorf hat, weil er sehr viel weniger Aschegehalt besitzt. Der Niederungsmoortorf hat häufig 7 % Aschegehalt und mehr, während der Hochmoortorf bedeutend weniger hat. Das ist dadurch zu erklären, dafs das Hochmoor aus Gewächsen besteht, die weniger mineralische Bestandteile für ihr Wachstum nötig haben, wie das Sphagnummoos und die gewöhnliche Heide, (Erika), das Wollgras usw. Diese brauchen

alle unendlich wenig mineralische Bestandteile und deswegen enthält das Hochmoor weniger Asche.

Herr Oberingenieur Neumann: M. H., der Herr Vortragende hat sich in sehr interessanter Weise über eine der wichtigsten Fragen der Moor- und Torfverwertung verbreitet, das ist die Vergasung des Torfs; und ich möchte mir gestatten, hierüber aus der Praxis — ich bin als Vertreter der Gasmotorenfabrik Deutz hier — noch einige Mitteilungen zu machen.

Die Schwierigkeiten, welche der Vergasung des Torfs im Wege standen, waren zweierlei: einesteils der Wassergehalt des Torfs, anderenteils der Teergehalt der aus dem Torf entwickelten Gase. Was den Wassergehalt anlangt, so sind die Schwierigkeiten vollständig überwunden. Wir haben, wie Herr Dr. Frank schon hervorgehoben hat, die Versuche mit Torfvergasung auf die Resultate gegründet, welche mit der Vergasung von Braunkohle erzielt worden sind, und die Braunkohle ist vergast worden bei einem Gehalt bis zu 60 % Wasser. In der Mariengrube des Herrn Moser in Meuselwitz ist eine solche Anlage von 70 Pferdestärken seit Februar vorigen Jahres in Betrieb. Die verwendete Braunkohle, welche teils als Rohkohle, teils gesiebt Verwendung findet, hat 55 % Wassergehalt und 2600 Kal. unteren Heizwert. Ihre Vergasung geschieht in einem gewöhnlichen Generator, in welchem von unten nach oben Luft durch die glühende Kohlensäule durchgeblasen wird. Der Generatorbetrieb gestaltet sich sehr einfach; täglich zweimal wird der Generator abgeschlackt, was jedesmal 20 Minuten Unterbrechung erfordert. Die Gase haben zwar einen hohen Teergehalt; doch ist es vollständig gelungen, durch intensive Wasserreinigung der Teere soweit Herr zu werden, dafs der Motor 16—22 Stunden täglich arbeitet, nur etwa alle 8 Tage eine Reinigung der Ventile und etwa alle zwei Monate eine gründlichere Reinigung seines Innern durch Herausnahme des Kolbens erfordert. Wie Sie wissen, sind die Gasmotoren von vornherein im Gegensatz zu der Dampfmaschine so eingerichtet, dafs das Ausbauen des Kolbens verhältnismäßig einfach geschieht. Es besteht also keine unbedingte Notwendigkeit, die Gase von vornherein teerfrei herzustellen. Es bleibt natürlich bei den bisher in Betrieb befindlichen kleinen Anlagen wie in Meuselwitz und in Sorau der Nachteil, dafs die sich in den Reinigern ausscheidenden Teerprodukte nicht recht verwertet werden können. Das würde aber bei so großen Anlagen, wie sie Herr Dr. Frank im Auge hat, wohl möglich sein.

Der so in der Praxis erprobte Braunkohlegenerator erwies sich ohne weiteres auch für den Torf geeignet. Als spezielles Versuchsresultat möchte ich erwähnen, dafs in unserer Versuchsstation in Deutz aus Stichtorf von Augustfehn in Oldenburg mit einem Wassergehalt von 32 % ein hochwertiges Gas von 1429 Wärmeeinheiten erzeugt wurde. Von diesem gebrauchte der 70pferdige Gasmoter 1,9 cbm entsprechend 1,2 cbm Torf. Desgleichen wurde aus einem Torf von Giengen (Württemberg) mit einem Wassergehalt von 44 % etwas geringwertigeres Gas von 1250—1450 Kal. erzeugt.

Man ist nun neuerdings weitergegangen, und hat versucht, im Generatorprozefs selbst die Teere zu zerlegen. In dieser Hinsicht haben wir bis jetzt Erfolg gehabt bei Torfen, die keinen hohen Wassergehalt hatten. Speziell mit einem Torf aus Varel bei

Bielefeld, der sich durch Trocknen an der Luft auf einen Wassergehalt von nur 18 bis 20 % bringen ließ, haben wir ein ausgezeichnetes Resultat erlangt, indem wir nur 0,68 kg für die effektive Pferdekraftstunde gebraucht haben. Da der Torf rund 4000 Kal. Heizwert hat, so entspricht dies einer Gesamtausnutzung der Wärme des Torfs von 23,4 %!

Der Generatorbetrieb, bei dem die Teere im Prozesse selbst zerlegt werden, geschieht nun auf die Weise, dafs dem Generator von oben und unten gleichzeitig Luft zugeführt wird und die Gase etwa in der Mitte oder unterhalb derselben durch einen Exhaustor oder den Gasmotor selbst abgesogen werden. Durch das Brennen von oben nach unten erhalten wir ein teerfreies Gas, indem die in der oberen glühenden Schicht ausgetriebenen Destillationsprodukte durch die glühende bereits entgaste Masse, den Torfkoks, hindurchgehen müssen, wobei die Teere zerlegt werden. Indem gleichzeitig von unten Luft eingeführt wird, vermeidet man, dafs der Koks im Generator zurückbleibt; der im oberen Teil gebildete Koks wird vielmehr im unteren Teil des Generators völlig vergast, sodafs nur Asche als Rückstand bleibt und durch das allmähliche Niedergehen der Brennstoffmasse der kontinuierliche Betrieb gesichert wird.

Bisher haben wir, wie gesagt, dieses Verfahren, das ein absolut teerfreies vorzügliches Gas liefert, nur für Torf bis etwa 20 % Wassergehalt anwenden können; wir hoffen aber, dafs wir schon in allernächster Zeit berichten können über die Ausdehnung des Verfahrens auf Torf mit höherem Wassergehalt.

Herr Direktor Haller: M. H.! Auch meine Firma, Gebrüder Körting, Aktiengesellschaft, hat sich seit mehreren Jahren mit der Vergasung des Torfs beschäftigt, nachdem wir Erfahrungen bei der Vergasung von Braunkohlen gesammelt haben. Anfangs hatten wir ebenso wie die Deutzer Gasmotorenfabrik versucht, den Torf von oben nach unten brennen zu lassen, um auf diese Weise ein teerfreies Gas zu erzielen. Das ist bei einigen Torfarten recht gut gegangen. Es hat sich aber herausgestellt, dafs das Verfahren nicht für alle Torfarten zu gebrauchen ist und dafs man beinahe für jede Torfsorte einen besonderen Generator bauen mufste. Wir haben jetzt ein anderes Verfahren eingeschlagen.

Wir verbrennen einen Teil des Torfs, benutzen die auf diese Weise erzeugte Wärme zum Verkoken des übrigen Torfes den wir dann sehr leicht teerfrei und vollständig vergasen, indem gleichzeitig die bei der Verkokung erzielten Gase, die zunächst noch Teer enthalten, beim Durchgang durch den glühenden Torfkoks vollständig in permanente Gase verwandelt werden. Auf diese Weise ist es uns gelungen, dafs wir aus einer ganzen Reihe von Torfsorten — bisher aus allen, die wir probiert haben, vielleicht zehn verschiedene Sorten —, vollkommen teerfreies Gas erhalten haben, das mit blauer klarer Flamme brennt. Zwei solcher Anlagen sind zur Zeit in Schweden in Aufstellung begriffen, nachdem sie bei uns längere Zeit in Hannover versucht worden sind. Es ist dabei mit Torf von 2800 Wärmeeinheiten im Kilogramm und einem Feuchtigkeitsgehalt von 20 % etwa mit 1,1 kg Torf eine effektive Pferdekraft erzielt worden*)

*) Eine dieser schwedischen Anlagen ist inzwischen fertiggestellt und in dauernden Betrieb genommen worden. Die 60 PS.-Maschine, die zum Antriebe von Förderkorben und Pumpen in einem

Herr Chemiker Dr. Frank: Von den Bemerkungen, welche Herr Generalsekretär Jablonski, eine Autorität auf dem Gebiete der Moorverwertung macht, nehme ich mit Dank Kenntnis. Ich möchte aber doch meine Behauptung, daß durch überstehendes Wasser die Torfbildung befördert wird, aufrecht erhalten. Herr Jablonski wird mir wohl auch zugeben, daß es gleichgiltig ist, ob das Wasser sich dadurch ansammelt, daß es im Überschuß zufließt, oder daß eine besonders gebildete wasserundurchlässige Schicht den Abfluß verhindert, denn für den chemischen Prozeß der Torfbildung bleibt der Effekt derselbe.

Ich habe schon erwähnt, daß in Finnland und in Bayern die Bildung dieser undurchlässigen Ortsteinschicht nicht in der Art geschieht, wie bei uns.

Dem, was in bezug auf die Kosten der Moordammkultur gesagt wurde, vermag ich auch nicht ganz zuzustimmen. Wenn man freilich, wie dies bei Herrn Jablonski auf seinem Gute der Fall war, jede arbeitsfreie Zeit für die Aptierung der Moordämme verwenden kann, so sind die Kosten geringere. Unternimmt man es aber, wie seinerzeit Herr v. Wangenheim, Klein-Spiegel, eine große Fläche rasch und hintereinander herzurichten, so lassen sich die Kosten der Arbeit nicht in gleicher Weise regulieren.

Was die Grünlandsmoore von großer Tiefe betrifft, so habe ich mich dabei wohl nicht ganz klar ausgedrückt. Ich habe nur sagen wollen, daß es bei zu bedeutender Mächtigkeit der Moorschicht nicht möglich ist, die Gräben zu einem einigermaßen angemessenen Preise bis auf den Sand hinabzubringen, und letzteres ist doch zumeist wünschenswert, weil das Übersanden von außen oft schwierig ist. Ein Torf von 5000 Kalorien Heizwert, wie er erwähnt wurde, hat sich leider in großen Maßen noch nirgends gefunden.

Zu dem, was der Herr Vertreter der Gasmotorenfabrik Deutz erwähnt hat, möchte ich nur noch bemerken, daß die Nutzung eines Torfes mit nur 18 % Wassergehalt technisch lange nicht so bedeutsam ist, wie die Erfolge, welche zunächst freilich noch im Versuchstadium mit nassem Torf erzielt wurden. Gerade bei der Torfgewinnung im großen ist das Trocknen der schwierigste Teil der Aufgabe, weil man dabei am meisten von äußeren unkontrollierbaren Verhältnissen abhängig ist. Nach den Mitteilungen, welche mir neuerdings von der Firma des Herrn Vorredners direkt zugegangen sind, zweifle ich nicht, daß es gelingen wird, mit nassem Torf von 45—50 % Wassergehalt ebenso teerfreie Gase zu erhalten, wie dies jetzt mit dem vollkommen getrockneten Torf gelingt. Auch dem Herrn Vertreter der Firma Gebrüder Körting kann ich Ähnliches sagen. Bei Anwendung neuen Torfmaterials wird man stets Lehrgeld zahlen müssen, denn es gibt kaum zwei Moorlager, die sich in ihrer Zusammensetzung vollständig gleich zeigen und verhalten. Eine längere Praxis wird auch hierin Erleichterungen schaffen, und ich bin fest überzeugt, daß die von der Firma Körting gebaute schwedische Anlage in Rößlän in Bälde günstige und allen Erwartungen entsprechende Erfolge aufweisen wird.

Erzbergwerk dient, wobei sie durchschnittlich bei stark schwankender Belastung 45 PS. bietet, verbraucht im Durchschnittstagsbetrieb in der Stunde 60—65 kg Torf von 2670 WE. im Kilogramm bei 40 % Wassergehalt. Die Anlage ist als Sauggasanlage gebaut, das Abschlacken erfolgt meist nur einmal täglich ohne jede Störung des Betriebes. M. Haller.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: Der Herr Vortragende betonte, daß es sich bei der Verkohlung des Torfes nicht lohne, Nebenprodukte zu gewinnen. Warum soll sich das nicht lohnen? Bei der Steinkohle lohnt es sich doch immer und man gewinnt ohne Benachteiligung des Verkohlungsprozesses viele nutzbare Nebenprodukte.

Herr Chemiker Dr. Frank: Die Sache findet bei dem Torf ihre Erklärung darin, daß es sich um ein minderwertiges Rohmaterial und um minderwertige Nebenprodukte handelt. Während man bei Steinkohlen eine Teerausbeute von 5 % erzielt und das gewonnene Produkt schlank weiter verkaufen kann, ist dies beim Torf, der überdies quantitativ wie qualitativ geringere Ausbeuten an Teer liefert, nicht der Fall. Wenn einmal größere Anlagen für Torfverkohlung hergestellt sind, so wäre es vielleicht möglich, für die aus den Torfteeren gewonnenen Rohöle zu einer ähnlichen Verwendung zur Kesselfeuerung auf Schiffen zu gelangen, wie solche jetzt auch in unserer deutschen Marine vielfach für Erdöle und Braunkohlenöle stattfindet. Vor der Hand halte ich es für den Großbetrieb vorteilhafter, eine leicht übersichtliche Anlage zu betreiben, als dieselbe mit einer sehr komplizierten chemischen Fabrikation zu vereinigen, durch die man zwar eine große Anzahl chemischer Produkte erhält, welche letztere aber einen Aufwand von Arbeit und Kosten verursachen, die dem geringen Ausbringen in keiner Weise entsprechen. Im übrigen kann man auch bei den Generatoren für Kraftgas durch entsprechende Ergänzung der zur Kühlung und Entstaubung dienenden Apparate die Nebenprodukte ebenso gewinnen, wie bei den Zieglerschen Öfen.

Herr Prof. Dr. von Knorre: Ich möchte den Herrn Vortragenden fragen, ob er das Verfahren des Grafen Schwerin zur Wasserentziehung aus dem Torf durch Elektrizität kennt. Das würde mich speziell sehr interessieren.

Herr Chemiker Dr. Frank: Ich kenne das Schwerinsche Verfahren nicht genau genug, um darüber ein Urteil abgeben zu können. Trotz aller Bemühungen, mir über den dafür patentierten, als „Elektromose“ bezeichneten Prozeß, Klarheit zu verschaffen, ist mir dies bisher nicht gelungen.

Vorsitzender: Es ist gewiß eine große Freude, zu sehen, wie der menschliche Fleiß mit Erfolg darauf ausgeht, gering geachtete, vielleicht oft auch mißachtete Stoffe der allgemeinen Nutzung zuzuführen und aus unwohnlichen und unwirtlichen Flächen weite blühende Gefilde zu schaffen. Wer denkt da nicht an den Ausspruch unseres großen Königs, der beim Anblick des der Kultur erschlossenen Oderbruchs ausrief: „Ich habe eine neue Provinz im Frieden erobert!“? So werden auch jetzt wieder durch vereintes Streben bewährter Kräfte in Landwirtschaft und Industrie neue blühende Provinzen unseres deutschen Vaterlandes gewonnen. Wir sind unserem verehrten Ehrenmitgliede Herrn Dr. Frank dafür dankbar, daß er uns auf dieses Feld geführt hat, und danken auch den Herren, die sich an der Diskussion beteiligt haben.

Anlage A I.

Regulativ

der Gesellschaft zur allmählichen Abstellung des Moorbrennens der Kolonie Kirchspiels Neuarenberg.

Statuten.

Die Unterzeichneten treten zu einer Kompagnie zusammen, welche den Zweck hat, Mooräcker gemeinschaftlich zu pachten und zu bewirtschaften, Düngmittel und Saat gemeinschaftlich anzukaufen und den hierbei erzielten Gewinn resp. Ertrag, nach den Anteilen, welche jedes Gesellschafts-Mitglied hat, zu verteilen.

Die Kompagnie führt den Namen:

„Gesellschaft zur allmäligen Abstellung des Moorbrennens. Eingetragene Genossenschaft."

§ 1. Bildung der Gesellschaft.

Die Gesellschaft wird als fertig gebildet betrachtet, sobald zwanzig Mitglieder sich dabei beteiligen und das Geschäftsstatut unterschrieben haben.

§ 2. Das Betriebs- und Pachtkapital wird aufgebracht in 200 Aktien, jede Aktie zu 5 Taler.

§ 3. Jedes Mitglied der Kompagnie muß wenigstens eine Aktie nehmen und kann höchstens 5 Stück Aktien besitzen.

§ 4. Sobald sich die Gesellschaft gebildet hat, können neue Mitglieder aufgenommen werden, welche wenigstens von fünf Mitgliedern vorgeschlagen werden.

§ 5. Mitglied der Gesellschaft kann zunächst jeder unbescholtene Einwohner des Kirchspiels werden.

§ 6. Die Einzahlung der Aktien erfolgt:

a) in barem Gelde auf einmal;
b) nach und nach durch monatliche Beiträge in barem Gelde;
c) durch Hand- und Spanndienste, die für die Kompagnie von den Mitgliedern geleistet werden.
d) durch Überlassung von Grund und Boden.

§ 7. Den Mitgliedern, welche nicht den vollen Aktienbetrag bezahlen können, soll es gestattet sein, in Hand- und Spanndiensten ihren Anteil einzubringen und soll die Berechnung in der Art erfolgen, daß

für Umarbeiten von 10 Äcker Moorland	1	Rthlr.	—	Sgr.	— Pf.
für Säen per 10 Äcker	—	„	2	„	6 „
für Mähen	1	„	5	„	— „

Von diesen Beiträgen erhalten die resp. Gesellschaftsmitglieder $^2/_3$ als Lohn ausbezahlt, während ihnen $^1/_3$ als Aktienkapital gutgeschrieben wird, bis die Aktien voll eingezahlt sind. Ebenso wird bei der Gewinnverteilung so lange $^1/_3$ des Gewinnes zum Aktienkapital geschrieben, bis die Aktien voll sind.

§ 8. Jeder Teilnehmer, der eine Aktie erwerben will, muß wenigstens 10 Groschen sofort einzahlen.

Digitized by Google

§ 9. Die Einzahlungen und Anteile jedes Mitgliedes werden in ein Sparkassenbuch eingetragen, welches auf den Namen des Betreffenden ausgeschrieben wird und in dessen Besitz bleibt, ebenso wird von dem Gesellschafts-Vorstande über die Einzahlungen ein Hauptbuch geführt und müssen beide Bücher genau stimmen.

§ 10. Die Verwaltung wird durch den Vorstand geführt und besteht derselbe:

a) aus einem Präsidenten und dessen Stellvertreter;
b) aus einem Kassierer und Rechnungsführer und dessen Assistenten;
c) aus einem Sekretär und dessen Gehilfen;
d) aus je einem Repräsentanten der Ortschaft Neuarenberg, Neuvrees und Neulorup.

Die Beschlüsse des Vorstandes bedürfen zu ihrer Gültigkeit die Mehrheit der Stimmen. Die Mitglieder des Vorstandes werden mit Ausnahme des Präsidenten von der Gesellschaft jedes Jahr gewählt. Der Präsident alle fünf Jahre.

Schriftstücke bedürfen der Unterschrift des Präsidenten.

§ 11. Die Verwaltung ist berechtigt, Pachtverträge abzuschließen, wie auch Käufe, Verkäufe zu bewirken, Klagen anzustellen.

Bei allen Geschäften über hundert Taler muß die Versammlung sämtlicher Aktionäre befragt werden.

Der Versammlung sämtlicher Aktionäre muß wenigstens jedes halbe Jahr Rechnung abgelegt werden.

§ 12. Zu § 6. Alle Arbeiten für die Gesellschaft sollen, so weit es immer geht, durch Mitglieder bewirkt und nach festem Akkordsatz bezahlt werden.

§ 13. Gewinn-Verteilung.

Der nach Abzug aller Kosten, Auslagen etc. verbleibende Gewinn wird an die Aktionäre ausbezahlt zu zwei Drittel, ein Drittel des Gewinns wird als Reservefonds zurückgelegt.

§ 14. Mitglieder, welche trotz wiederholter Mahnung ihren Verpflichtungen nicht nachkommen und die Gesellschaft zur Klage nötigen, können durch Beschluß von mindestens zwei Drittel Majorität sämtlicher Gesellschafts-Mitglieder ausgestoßen werden; erhalten dann keinen Gewinn-Anteil; ihr Kapital wird nach Abschluß des Betriebsjahres ausbezahlt und bleiben die ausgeschlossenen Mitglieder für alle Verluste und Schäden der Gesellschaft während dieses Zeitraums haftbar.

Abstimmungen in der Versammlung sämtlicher Aktionäre erfolgen in der Art, daß jeder Besitzer von 1 bis 3 Aktien eine Stimme, Besitzer von 3 bis 5 Aktien zwei Stimmen haben.

§ 15. Der Kassierer und Rechnungsführer und dessen Assistent, hat für die Richtigkeit seiner Rechnung und Kasse einzustehen und etwaige Verluste aus seinem Vermögen zu ersetzen; dagegen erhalten der Rechnungsführer und sein Assistent jeder 1 Ngr. von jedem Taler Reingewinn. Das Nämliche gilt von dem Sekretär und seinem Gehülfen.

§ 16. Ehrenmitglied der Gesellschaft kann jeder Auswärtige werden, der mindestens eine Aktie nimmt und sofort voll einzahlt. Die Ehrenmitglieder sind bei Abstimmungen in Verwaltungssachen nicht stimmberechtigt, erhalten aber alljährlich Abschrift des Rechnungs-Abschlusses und Rechenschaftsberichts. Die Ehrenmitglieder sind für Verluste, welche die Gesellschaft betreffen, nicht haftbar; dagegen bleibt der auf deren Aktien fallende Gewinnanteil der Gesellschaftskasse als Reservefonds so lange, bis er den vollen Betrag des von den Ehrenmitgliedern gezeichneten Aktien-Kapitals erreicht. Ist dieser Zeitpunkt eingetroffen, so kann dem Ehrenmitgliede auf dessen Wunsch der eingezahlte Betrag seiner Aktie zurück gezahlt werden; verzichtet er darauf, so soll dasselbe zu den geschenkten Geldern notiert werden.

Überhaupt sollen geschenkte Gelder nie unter die Aktionäre verteilt, vielmehr nur zur Deckung von Verlusten, zur Ausbreitung des Unternehmens und zur Hebung der Kolonie verwendet werden.

§ 17. Auflösung der Gesellschaft.

Diese kann stattfinden:

a) wenn das halbe Aktienkapital verloren geht;
b) nach 10 Jahren, von zwei Drittel der Mitglieder beantragt.

Bei Auflösung der Gesellschaft verbleibt ein Drittel des Reservefonds den Armen des Kirchspiels.

Digitized by Google

§ 18. Wer für sich aus der Gesellschaft austreten will, hat eineinhalb Jahr vorher zu kündigen.

§ 19. Bei Todesfällen findet die Auszahlung des Mitglieds-Guthabens nach dem nächsten Jahres-Abschlusse statt.

§ 20. Die Unterzeichneten genehmigen dieses Statut, und geloben nach bestem Wissen und Willen für die Genossenschaft zu arbeiten. Alle für Einen und Einer für Alle einzustehen und zu arbeiten.

Vorstand:

Präsident A. Sanders, Pfarrer in Neuarenberg,
Stellvertreter desselben Vicar Knevel in Neuarenberg,
Rechnungsführer und Kassierer Herm. Heinr. Holtmann in Neuvrees.

Repräsentanten:

J. H. Maeke in Neulorup.
Ollig Borgmann in Neuarenberg.
Gerh. H. Robbers in Neuvrees.

Daß vorstehende Abschrift mit dem Original übereinstimmt, wird hiermit beglaubigt.

Neuarenberg, 3. November 1868.

Der Pfarrer:
gez. A. Sanders.

Anlage A II.

Motive

zum Regulativ der Gesellschaft zur allmählichen Abstellung des Moorbrennens im Kolonie Kirchspiel Neuarenberg.

Beim Entwurfe des Statutes der obigen Genossenschaft sind für uns die nachstehenden Motive maßgebend gewesen.

ad I. handelte es sich darum, eine durchaus selbständige, sofort und ohne äußere staatliche Hülfe praktisch und juristisch lebensfähige Genossenschaft zu bilden und war unter diesen Umständen die Form der Schultze-Delitzsch'schen Genossenschaften, wie selbe durch das Genossenschafts-Gesetz anerkannt sind, die nächstliegende und einfachste, ganz abgesehen davon, daß diese Form der Vergesellschaftung durch den Wert, welche sie als erziehendes und bildendes Agens hat, noch besondere Vorzüge bietet.

ad II. handelte es sich bei der Bildung der Neuarenberger Genossenschaft darum, für die zum größten Teil kapitalslosen und durch die Notstände der letzten Jahre auch kreditlosen Kolonisten eine Form der Vergesellschaftung zu finden, welche, selbst mit geringen Mitteln, den Anfang des Geschäftsbetriebes gestattete und die weitere Kapitalssammlung in einer Weise ermöglichte, welche den Gesellschaftern die geringsten Lasten auferlegte und gleichzeitig ihr Interesse wach erhielt, indem ihnen die Genossenschaft selbst Erwerb und Beschäftigung bot. Es ist deshalb von uns für alle bei der Genossenschaft vorkommende Arbeiten die Form der Akkordarbeit nach dort ermittelten Lohnsätzen gewählt und da hierbei nach durchgängiger Erfahrung die Leistung des Arbeiters zirka 50 Prozent höher ist als bei Tagelohnsarbeit, so ist den Genossenschaftern durch Auszahlung von zwei Drittteilen des verdienten Lohnes der gewöhnliche Tagelohnssatz sicher, während das durch grösseren Fleiß bei der Akkordarbeit mehr verdiente letzte Dritteil als werbendes Kapital zu ihrem Aktienguthaben und Vermögen gut geschrieben wird und auf solche Art jedem Genossenschafter, welcher nur gesunde Arme und guten Willen mit einbringt die rasche Aufsammlung einer Aktie möglich ist. — Wir verhehlen uns nicht, daß diese Form der Bildung des Gesellschafts-Kapitals nicht für alle Genossenschaften paßt; bei den geringen Auslagen für Pächte, Saatkorn und Düngung, welche die Bewirtschaftung der Moore erfordert und dem verhältnismäßig raschen Kapitalsumschlag, welcher bei dem vorläufig ausschließlich beabsichtigten Sommerfruchtbau erzielt werden kann, wird sich die Genossenschaft auch bei Voraussetzung einer nur mäßig günstigen Ernte im ersten Jahre durchhelfen, während sie im zweiten und den folgenden Jahren durch den bei den Ernten erzielten Gewinn schon im Besitz eigenen Betriebs-Kapitals sein kann und sein wird.

ad. III. Die Zahl der von jedem Genossenschafter zu erwerbenden Aktien ist absichtlich beschränkt, um die zahlreichen Mitglieder, welche nur ihre Arbeitskraft einbringen vor Ausnutzung durch einzelne Aktionäre, welche eventualiter nur Kapital einschießen, zu schützen, wie denn überhaupt bei dem Entwurf des Statuts alles geschehen ist, um den stets besonders mißtrauischen Kleinbauern und Häuslern jede Gelegenheit zu entziehen, eine Übervorteilung zu befürchten, während andererseits in allen Stücken möglichst an die Ehrenhaftigkeit und an den Gemeinsinn der Genossenschafter appelliert ward, um diese zu fördern und das ganze Unternehmen auf gegenseitiges Vertrauen zu stützen. —

ad IV. Der Reservefonds ist ziemlich hoch bedacht (§ 13), weil auf den Mooren Mißernten häufiger sind, als auf anderen Ländereien und weil dieser Fonds späterhin zum festen Erwerb von Acker — durch Kauf oder Erbpacht — verwendet und belegt werden soll.

ad V. Die Aufnahme von Ehren-Mitgliedern in die Genossenschaft ist, wie wir uns selbst nicht verhehlen, eine mit dem Prinzipe der Selbsthülfe in Widerspruch stehende Einrichtung dieselbe war aber in diesem Falle und bei dem geringen Kapital-Fonds der eigentlichen Genossenschaften nicht gut zu umgehen, wenn nicht die noch weniger ersprießliche Staatshülfe angerufen werden sollte; es ist indeß durch die weiteren Bestimmungen des § 16 den Beiträgen der Ehren-Mitglieder der Charakter und die nachteilige und demoralisierende Wirkung eines Geschenkes genommen, andererseits bot aber die Einführung von Ehren-Mitgliedern wenigstens bei den in der ersten Zeit gebildeten Genossenschaften ein vorzügliches Mittel zur raschen Förderung der ganzen Angelegenheit und werden die armen und durch die letzten Notjahre beinahe entmutigten Kolonisten aus der Teilnahme und Unterstützung, welche ihrer Bestrebung zur Reform der bisherigen Wirtschaftsweise von Außen zugewendet wird, auch Anregung zu um so größerer eigener Anstrengung finden. Haben dann die ersten mit teilweise äußerer Hülfe begründeten Genossenschaften erst günstige Resultate erzielt und sich als lebensfähig erwiesen, so wird später die Bildung solcher Genossenschaften aus eigenen Kräften und Mitteln rasch um sich greifen, wie sich dann auch für spezielle Zwecke, z. B. zum Ankauf von Dünge-Mitteln und Saat-Getreide, zum Verkauf von Torf, zur Anlage von Haupt- und Neben-Kanälen Genossenschaften auf dem Moore bilden werden, die sich ja in anderen Gegenden bereits bewährt haben. —

ad VI. Die Bestimmungen über die Berechnung und Verteilung des Reinertrages sind sehr mangelhafte und lassen einen ziemlich weiten Spielraum, es war dies aber nicht zu vermeiden, da ganz spezielle Bestimmungen hierfür doch nicht zu entwerfen waren und die Genossenschaft selbst am besten imstande sein wird, die erforderlichen Modalitäten herauszufinden. —

Überhaupt soll das vorliegende Statut keineswegs als Musterstatut gelten, sein Zweck ist nur, den kleineren Kolonisten, deren Landbesitz nach jetzigem Wirtschaftssystem selbst zur notdürftigen Erhaltung ihres Hausstandes nicht ausreicht, durch den Betrieb eines genossenschaftlich bewirtschafteten, rationell eingeteilten und bestellten größeren Komplexes, die Möglichkeit einer besseren Existenz zu bieten, daneben sollen diese der Genossenschaft gehörigen Ländereien nicht allein als Erwerbs-Objekte, sondern auch als Musterwirtschaften dienen, da dieselben bei irgend richtigem Betriebe nicht verfehlen werden, auch für die selbständig wirtschaftenden Besitzer größerer Kolonate und Höfe Anregung zur Nachahmung zu geben und bessere Feldeinteilung, Einführung des Fruchtwechsels, Düngerwirtschaft zu veranlassen.

Von dem einzelnen Kolonen kann man die sofortige Abstellung des Moorbrennens nicht verlangen. Kommt aber eine Genossenschaft, bei welcher das Risiko mehr verteilt ist, im Laufe der Jahre zu der Erfahrung, daß sich die Moore auch ohne Brandkultur nicht allein ebenso gut, sondern noch besser bewirtschaften lassen, so wird es an Nachfolgern für das hiermit gegebene Beispiel nicht fehlen. —

Der Entwurf des Genossenschafts-Statuts ist von dem Unterzeichneten Dr. Frank verfaßt, die Anregung dazu ist von Herrn Pastor Sander in Neu-Arenberg und Herrn General-Sekretär Peters in Osnabrück ausgegangen, und hat Letzterer auch die speziell für dortige Verhältnisse nötigen Bestimmungen angegeben. Die Genossenschaft ist bereits konstituiert, zählt etwa 60 ordentliche Mitglieder und hat bereits Landkäufe resp. Pächte abgeschlossen. Soweit der juristische Teil des Statuts noch der Nachhülfe bedarf, wird dieser durch Herrn Schulze-Delitzsch stattfinden

W. Peters,
Osnabrück.

Dr. A. Frank,
Staßfurt.

Digitized by Google

Anlage B.

Protokollauszug

der Versammlung der Wirtschaftlichen Gesellschaft für Nordwestdeutschland

zu Emden, am 17. Oktober 1869.

Antrag von Dr. Frank: auf Begründung des norddeutschen Vereins zur Beseitigung des Höhenrauchs und zur Kanalisierung der Moore:

Der Verein sucht die Erfüllung seiner Zwecke dadurch zu erreichen, daß er:

1. einen Verkehr und eine Verbindung des Hauptvereins, sowie der Zweigvereine mit den landwirtschaftlichen und anderen Behörden und Verbänden zur Lösung wichtiger Fragen anbahnt;
2. in Versammlungen wichtige Fragen und Vorschläge zur Erörterung bringt;
3. statistisches und anderes zuverlässiges Material über Ausdehnung, Bewirtschaftung der Moore und des Moorbrennens ansammelt und durch die gelesensten Zeitschriften veröffentlicht;
4. Mittel aus dem großen, vom Höhenrauche heimgesuchten Bereiche beschafft;
5. Kapital und Kapitalisten zur großen Kolonisation und zur Bildung von Veen-Kompagnien und Gesellschaften nach Art der holländischen, dänischen und ostfriesischen anregt. Überhaupt das Publikum über die großen Schätze, die das Moor birgt, belehrt;
6. Preisaufgaben zur Entscheidung wichtiger, auf Lösung der gesteckten Ziele berechneter Fragen stellt;
7. den Moorbewohnern selbst Anleitung zur besseren Bewirtschaftung ihrer Moore gibt und zwar durch

   örtliche Anweisung sachkundiger Personen, namentlich Wanderlehrer, Verteilung von Flugschriften,

   Verteilung vieler kleiner Prämien für mustergültig ausgeführte Moorkulturen,

   durch Anschauung mittelst Reisen nach solchen Gegenden, wo eine mustergültige Bewirtschaftung der Moore bei Ausschluß der Brennkultur stattfindet.

Bericht über die Sitzung vom 6. Juni 1904.

Vorsitzender: Unterstaatssekretär Fleck.

Sitzungsbericht:

Die Niederschrift vom 2. Mai wird genehmigt.

Aufgenommenes Mitglied:

Herr Ministerialdirektor Wirklicher Geheimer Oberregierungsrat Stieger.

Angemeldete Mitglieder:

Herr M. Jablonski, Generalsekretär des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche, Friedenau bei Berlin; Herr Fabrikbesitzer Hermann Stobwasser in Berlin.

Mitteilungen des Vorstandes:

Vorsitzender: Ich habe Mitteilung zu machen von dem schmerzlichen Verluste, den der Verein und der deutsche Gewerbfleiß durch den Tod des Dr. ing. Herrn Friedrich Siemens erlitten hat, der am Dienstag, den 24. Mai d. J. in Dresden entschlafen ist. Wie seine Brüder Wilhelm und Werner hat auch er in bahnbrechender Arbeit seinen Namen mit der Geschichte der deutschen Industrie und der deutschen Technik dauernd verknüpft. Dem Verein hat er seit nahezu 30 Jahren und dem Technischen Ausschuß seit 1885 angehört. Der Verein wird sein Andenken für alle Zeit hoch in Ehren halten.

Von der Rechnungskommission ist das Protokoll über die Abnahme der Rechnungen des Vereins und der mit ihm verbundenen Stiftungen vorgelegt. Die Einnahme des Vereins hat sich 1903 auf 41 628,68 Mk. und die Ausgabe auf 41530,88 Mark gestellt, sodaß ein Bestand von 97,80 Mk. verblieben ist. Die Delbrück-Stiftung weist am 31. Dezember 1903 einen Barbestand von 265,25 Mk. und einen Effektenbestand von 2000 Mk. auf. Der Fonds für das Beuthsche Grabdenkmal hat einen Barbestand von 72,70 Mk. und einen Effektenbestand von 1575 Mk. Die Jubiläumsstiftung hat eine Einnahme gehabt von 1440.64 Mk. und eine Ausgabe von 1195,50 Mk., sodaß ein Bestand von 245,14 Mk. verblieben ist. Die Seydlitz-Stiftung hatte Ende 1903 ein Gesamtvermögen von 515 573,69 Mk. Es hat sich um 6650,43 Mk. gegen das Vorjahr vermehrt. Die Rechnungskommission beantragt, unserem verehrten Schatzmeister den Dank für seine große Mühewaltung auszusprechen und die Decharge zu erteilen. — Es erfolgt kein Widerspruch; ich stelle fest, daß die Entlastung erteilt ist.

An Drucksachen sind eingegangen und werden vom Technischen Ausschuß vorgelegt: Niederschrift über die am 14. April abgehaltene Sitzung des Bezirkseisenbahnrats zu Berlin; Bericht des Pfälzischen Gewerbemuseums für das Jahr 1903, Kaiserslautern 1904; Jahresbericht der Handelskammer zu Berlin für 1903; Jahresbericht für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund für das Jahr 1903, I. (Allgemeiner) Teil, Essen 1904; Mitteilungen der Handelskammer zu Berlin 1904, No. 1 und 2; Statistik der Gasmotoren, bearbeitet von Ernst Neuberg, Zivilingenieur, Berlin; Zur Theorie der Explosionskraftmaschinen von L. Aksnes, Ingenieur; Über die Vorgänge des Ausspülens und Ladens bei Zweitaktgasmotoren von A. Wagener; Die Festigkeit der Zylinderköpfe von Großgasmotoren von Dr. phil. Rudolph Wagner, Ingenieur der Stettiner Maschinenbau-Aktiengesellschaft Vulkan; Betrachtungen über den Einfluß der Wandungen auf die Wärmevorgänge in Wärmekraftmaschinen von Anton Böttcher, Betriebsingenieur der Stettiner Maschinenbau-Aktiengesellschaft Vulkan; und Untersuchungen über die Exponenten der Ausdehnungslinie der Gasmotorendiagramme von Diplomingenieur Georg Herberg, Sonderabdruck aus der „Gasmotorentechnik".

Von unserem Ehrenmitglied Herrn Geheimrat Reuleaux ist heute dem Verein sein neuestes Werk „Abriß der Festigkeitslehre" übergeben, das ich mit bestem Dank entgegennehme.

Von dem Direktor Beckert der höheren Maschinenbauschule in Breslau ist der Jahresbericht dieser Bauschule eingesandt.

Vom Technischen Ausschuß ist beantragt, die Vereinssitzung, wie gewöhnlich, im Juli ausfallen zu lassen. Dieser Antrag findet die Zustimmung.

Herr Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. Reuleaux: M. H., der Verein hat mich beauftragt: an dem Kongreß für gewerblichen Rechtsschutz als Delegierter des Vereins teilzunehmen. Dieser Kongreß hat seine Sitzungen vom 24. bis zum 31. vorigen Monats hier abgehalten und ist bemüht gewesen, unter großer Anteilnahme der Mitglieder seiner Aufgabe gerecht zu werden. Die hiesige Deutsche Gesellschaft für gewerblichen Rechtsschutz hatte die Einladungen und die Ausführung des geschäftlichen Teils übernommen und hat ihre Aufgabe mit großem Glanze gelöst. Die Versammlungen waren regelmäßig besucht, sie haben sich über verschiedene Gebiete, besonders über Musterschutz, Markenschutz und Patentschutz erstreckt und haben diese Angelegenheiten mit einer Einsicht und einer Tüchtigkeit behandelt, die in der Tat sehr erfreulich war. Das Hauptgebiet war, wie Sie denken können, gegen Schluß hin der Patentschutz. Da waren die Versammlungen auch am stärksten besucht, die Besucherzahl erstreckte sich auf etwa 500. Unser Deutscher Verein hat seine Aufgabe so trefflich gelöst, daß wir darüber nur erfreut sein können. Das vollständige Protokoll der Sitzungen, welches eben in Drucklegung begriffen ist, werde ich nicht verfehlen, seinerzeit vorzulegen; ich wollte heute bloß diese kurzen vorläufigen Bemerkungen vorausschicken.

Technische Tagesordnung.

Über Eisenbahnwagen-Kuppelungen.

Herr Regierungsbaumeister Sauer-Kassel: Eure Excellenz, meine Herren! Eine ganze Reihe wichtiger eisenbahnmaschinentechnischer Fragen der verschiedensten Art bewegen in der Gegenwart die Fachwelt. Von diesen seien hier nur erwähnt: Die Einführung von Wagen hoher Tragfähigkeit mit Selbstentladung, die Einführung von selbsttätigen Kuppelungen, die Anwendung überhitzten Dampfes bei den Lokomotiven, die elektrische Zugförderung für den Stadt- und Vorortverkehr, und die selbsttätige elektrische Sicherung des Zugverkehrs, welche mit der Steigerung der Fahrgeschwindigkeit an Bedeutung zunimmt.

Unter diesen Fragen, welche durchweg Umwälzungen im Betrieb der Eisenbahnen zur Folge haben und deren Lösungen stattliche Kapitalaufwendungen bedingen, steht die Frage der Einführung von selbsttätigen Kuppelungen für die Eisenbahnfahrzeuge bereits seit dem Jahre 1876 auf der Tagesordnung. Diese Frage ist in der letzten Zeit in ein lebhafteres Stadium geraten und zur Zeit zu einem gewissen Abschluß gelangt, so daß der geeignete Augenblick für eine Besprechung dieses Gegenstandes auch für weitere Kreise gekommen sein dürfte.

Schon in den Jahren 1875/76 sah sich der Verein Deutscher Eisenbahn-Verw. veranlaßt, mit Rücksicht auf die Erhaltung von Leben und Gesundheit der beim Verschiebedienst beschäftigten Leute ein Preisausschreiben zur Erlangung einer brauchbaren selbsttätigen Kuppelung zu erlassen, die ein Treten der Kuppler zwischen die Wagen zum Zweck ihrer Verbindung unnötig macht und damit die Ursache zahlreicher Unfälle beseitigt.

Zu diesem Grunde der Humanität, der die Einführung von selbsttätigen Kuppelungen schon damals wünschenswert machte, ist in neuerer Zeit ein weiterer hinzugetreten.

Die zur Zeit allgemein hier verwendete Schraubenkuppelung, welche jahrelang ihre guten Dienste getan hat, genügt nämlich den Ansprüchen der Gegenwart in Bezug auf die Übertragung der ständig wachsenden Zugkräfte nicht mehr.

Die Entwicklung des Eisenbahnverkehrs drängt mit Macht darauf hin, Wagen von größerer Tragfähigkeit benutzen und schwerere Züge fahren zu können. Für diesen Zweck reicht die normale Schraubenkuppelung nicht mehr aus, was zur Genüge festgestellt worden ist. Aus der Photographie, Abb. 1, abgeschnittener, dem Betrieb entnommener Kuppelungsspindeln mag man die Zerstörung der Gewinde erkennen. Die Spindeln pflegen auch häufig im Kern zu zerreißen, wofür der Kuppelungskirchhof auf jedem größeren Verschiebebahnhof eine beredte Sprache spricht.

Die Gefahr der Zugtrennung wächst naturgemäß mit der Schwere der Güterzüge und der Stärke der Lokomotiven, welche beim Anfahren einen bedeutend stärkeren Zug auszuüben im stande sind, als die früher üblichen.

Die Schraubenkuppelung hindert einen Fortschritt in der angegebenen Richtung, weil eine weitere Verstärkung derselben nicht angängig ist. Das Gewicht derselben läßt nämlich eine Handhabung im Verschiebedienste gerade noch zu, und eine Verstärkung würde die Kuppelungsglieder schwerer, unhandlicher und damit das Kuppeln noch gefährlicher machen, als es jetzt bereits ist.

Da die Kuppler nämlich zur Verbindung zweier Wagen zwischen die Buffer derselben über eine Schiene hinweg an die Schraubenkuppelung herantreten müssen, so ist es erklärlich, daß sich in der Eile des Verschiebegeschäfts, zumal bei Dunkelheit,

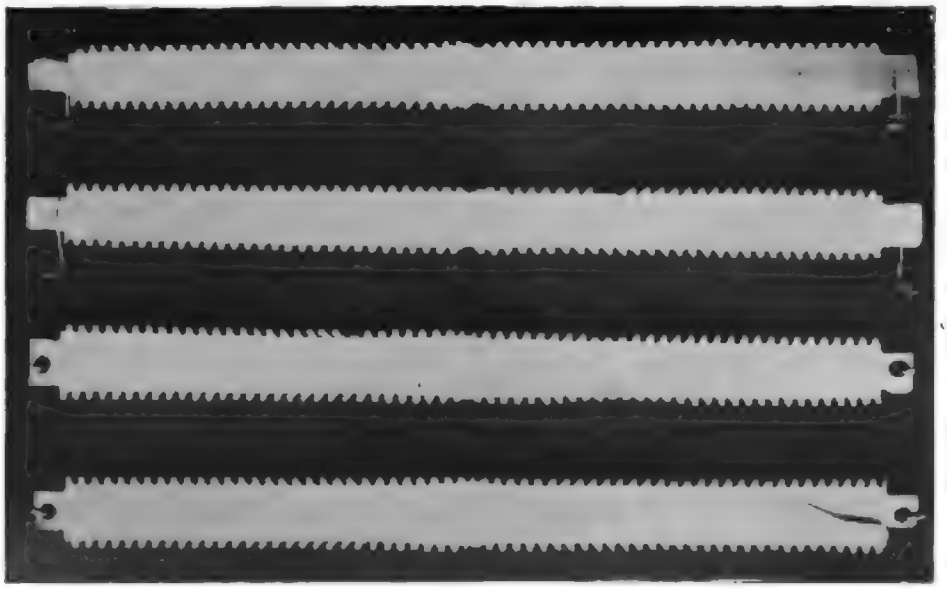


Abb. 1.

so viele Unglücksfälle ereignen, welche ein Verlassen dieses gefährlichen Systems wünschenswert machen.

Dazu kommt noch, daß eine gute selbsttätige Kuppelung nicht nur die erwähnten Nachteile der jetzigen Kuppelung in Bezug auf die Gefährlichkeit und geringe Betriebssicherheit vermeidet, sondern auch eine ganz erhebliche Beschleunigung und Vereinfachung des Rangierbetriebes zur Folge hat, welche schon aus wirtschaftlicher Rücksichten ihre Einführung empfiehlt.

Das erwähnte Preisausschreiben des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verw. zur Erlangung einer brauchbaren derartigen Kuppelung hat seinerzeit kein praktisches Ergebnis gehabt und auch nicht haben können, weil die gestellten Bedingungen schlecht erfüllbar waren. Es wurde damals verlangt, daß sich die alte mit der neuen Kuppelung leicht und schnell von außen verbinden lassen müsse, und zwar ohne Anwendung einer besonderen Übergangsvorrichtung.

Digitized by Google

Solche Bedingungen mußten notwendig zu den unglaublichsten Konstruktionen führen. So zeigt auch die große Mehrzahl der zahllosen Erfindungen auf diesem Gebiete das Bestreben, sich an die Schraubenkuppelung anzulehnen oder diese selbst von außen her bedienbar zu machen.

Wären von vornherein Übergangsvorrichtungen zugelassen worden, so hätte man auch praktisch ausführbare, einfache Bauarten erhalten, wie sie inzwischen in Amerika eingeführt sind, und nach Abhilfe einiger Mängel billigen Ansprüchen an Ungefährlichkeit, Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit genügen.

Nachdem bereits seit längerer Zeit mehrere amerikanische Bahnen angefangen hatten, ihre Wagen mit selbsttätigen Kuppelungen verschiedener Bauart auszurüsten,

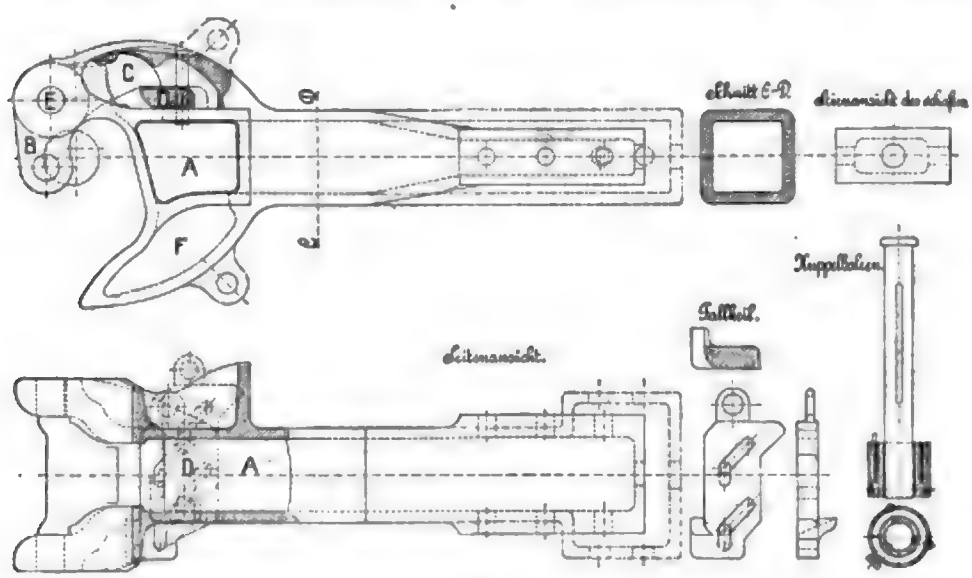


Abb. 2.

wurde im Jahre 1893 ein Gesetz erlassen, das allen Eisenbahnen die Pflicht auferlegte, bis zum 1. Januar 1898, welcher Termin später bis zum 1. August 1900 verlängert wurde, sämtliche Fahrzeuge mit selbsttätigen Kuppelungen zu versehen.

Die von einem Schuster Janney erfundene Kuppelung wurde zur allgemeinen Einführung als die geeignetste Art erwählt.

Die Master Car Builder's Association legte die Normalien der neuen Kuppelung unter Zugrundelegung der bereits in Gebrauch befindlichen Formen fest, so daß jetzt überall in den Vereinigten Staaten von Nordamerika Kuppelungen in Benutzung sind, welche mit der von Janney erfundenen im Prinzip übereinstimmen.

Die Wirkungsweise und die Bauart dieser Kuppelung, welche in der Zeichnung (Abb. 2) wiedergegeben ist, sei hier kurz angegeben. Dieselbe ist eine selbsttätige Mittelkuppelung, welche Zug- und Stoßvorrichtung in sich vereinigt, also auch die Seitenbuffer entbehrlich macht.

Digitized by Google

Der Kuppelkopf besteht aus einem Gehäuse *A*, in welchem die Klaue *B* mit ihrem Arm *C* um einen Bolzen *E* drehbar gelagert ist. Stoßen zwei solcher Köpfe mit geöffneten Klauen *B* gegeneinander, so schließen sich beide Klauen und werden durch eine Sperrvorrichtung, hier den Keil *D* in ihrer Stellung festgehalten. Der Sperrkegel besitzt zu diesem Zweck eine schräge Fläche, welche ein Heben desselben veranlaßt, wenn der Arm *C* der Klaue *B* anschlägt und vorübergleitet. Durch sein Gewicht füllt der Keil *D* selbsttätig wieder herunter, nachdem der Klauenarm *C* vorbeigedrückt ist und hindert diesen an einer Rückwärtsbewegung. Der Greifer *F*, welcher am Gehäuse *A* ausgebildet ist, dient zum Hineinleiten der Klaue des anderen Kopfes in die Schlußstellung und verhindert das Hinausgleiten der geschlossenen Klaue nach der Seite hin.

Das Gehäuse *A* mit dem Greifer *F*, sowie die Stirnseite der Klaue *B* bilden zugleich die Buffer.

Das Trennen zweier gekuppelter Köpfe geschieht durch Anheben des Keiles bei einem derselben vermittels einer besonderen, von der Wagenseite aus bedienbaren Auslösevorrichtung und durch Auseinanderziehen der zu trennenden Wagen.

Der Keil nimmt somit zwei Stellungen ein: die gehobene oder Auslösestellung und die tiefe oder Kuppelstellung, die zugleich die Fahrtstellung ist.

Die Sperrvorrichtungen für solche Kuppelköpfe sind außerordentlich mannigfaltig, erreichen aber alle den vorher genannten Zweck in mehr oder minder vollkommener Weise.

Die Begrenzungsform der sich berührenden Flächen aller Kuppelköpfe ist naturgemäß des allgemeinen Eingriffs wegen stets dieselbe.

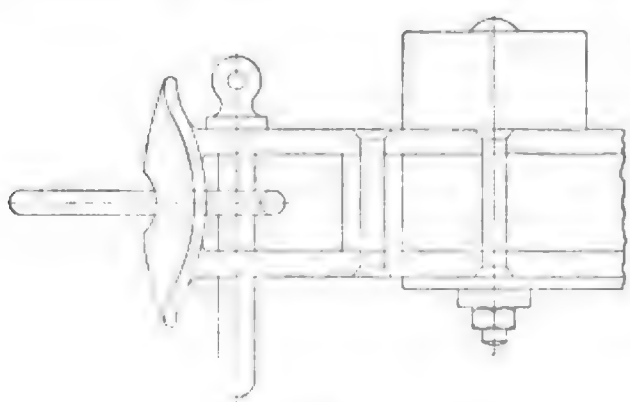


Abb. 3.

Vor der Einführung dieser Kuppelungen besaß man in Amerika bereits ein Mittelbuffersystem. Die Verbindung zweier Wagen geschah dergestalt, daß in wagerechte, schlitzartige Öffnungen der Bufferscheiben ein Kettenglied gelegt wurde, welches durch senkrechte Vorsteckbolzen in den beiden Buffern festgehalten wurde. Einen solchen Mittelbuffer zeigt die Abb. 3.

Das Vorhandensein dieser Kettengliedkuppelungen verleitete die Amerikaner dieselben in einfachster Weise zum Übergang zu benutzen. Derselbe geschah in der Weise, daß das Kettenglied in einen Schlitz der Klaue des selbsttätigen Kuppelkopfes gelegt und durch einen senkrechten Bolzen in der Klaue festgehalten wurde.

Durch diese Anordnung wurde die Klaue einmal in zwei bedeutend schwächere Teile gespalten und zweitens durch das senkrechte Bolzenloch geschwächt. Diese

Digitized by Google

Klauenschwächung ist natürlich die Ursache vieler Brüche von Klauen geworden. Deshalb war in Amerika seit langem schon das Bestreben vorhanden, die Klauenausschnitte nach vollendetem Übergange zu beseitigen. Nach dem letzten Jahresbericht 1903 der M. C. B.-Association ist das künftige Fortlassen der Ausschnitte nunmehr beschlossen worden.

Wenn dieser Fehler, welcher durch die Art des gewählten Überganges seinerzeit bedingt wurde, auch jetzt beseitigt ist, bezw. in nächster Zeit beseitigt sein wird, so haben die Amerikaner durch den jahrelangen Betrieb noch andere mehr oder weniger wichtige Mängel entdeckt.

Einer dieser Mängel ist die Gestalt der gewählten Eingriffslinie der selbsttätigen Kuppelungen, welche nach Abnutzung ein Trennen der Köpfe bei verschlossenen Klauen gestattet und so die Ursache vieler Zugtrennungen wird, welche bei einer derartig starken Kuppelung sonst ausgeschlossen wären.

Obwohl die Amerikaner von der einmal gewählten Begrenzungslinie der Köpfe nicht wesentlich abweichen können ohne den allgemeinen Eingriff der Kuppelungen aller Fahrzeuge in Frage zu stellen, versuchen sie doch die nachteilige Gestalt der Eingriffslinie zu ändern, soweit die Kuppelung dies zuläßt.

Nach dem Jahresbericht 1903 der Versammlung der M. C. B.-Association empfiehlt der Ausschuß Änderungen an den Eingriffslinien in Zeiträumen von mehreren Jahren vorzunehmen, um eine mehr hakenförmige Klaue zu erhalten. Die erste Änderung wird vom 1. Januar dieses Jahres an eingeführt, wodurch sich die Gefahr des Auseinandergleitens verschlossener Kuppelköpfe zweifellos vermindern wird, bezw. die Klauen der Köpfe längere Zeit ohne Ersetzung im Betriebe verbleiben können.

Ein anderer Mangel, welcher sich mit der Benutzung selbsttätiger Kuppelungen herausstellte, war die ungenügende Befestigung der Zugvorrichtungen.

Die Amerikaner hatten von Anfang an ihre Kuppelungen unter dem Untergestell angebracht, da diese Befestigungsweise ihnen wohl früher am einfachsten erschien. In ähnlicher Weise und wahrscheinlich aus gleichen Rücksichten sind die Kuppelungen unserer Straßenbahnwagen unter dem Untergestell befestigt. Jetzt sehen die Amerikaner den theoretischen Fehler dieser Anordnung ein, weil die praktischen Folgen durch die schwerer gewordenen Züge ihnen dieses deutlich vor Augen führen.

Sie rücken daher, um eine günstigere Befestigung des Zugapperates zu erhalten, besonders bei den Wagen mit hoher Tragfähigkeit, mit der horizontalen Mittelebene des Untergestells in die Kuppelungsebene hinab, so daß der Zugapparat direkt an den mittleren Langstreben befestigt werden kann und durch die bessere Befestigung das früher häufig vorkommende Abreißen der untergehefteten Zugapparate vermieden wird.

Nach Erkennen der Mängel und nach ihrer Abhilfe besitzen die Amerikaner mit ihrer selbsttätigen Kuppelung gegenwärtig das beste System der Welt zur Verbindung von Eisenbahnfahrzeugen. Dasselbe hat auch alle die günstigen Ergebnisse gezeitigt, welche im Eingang von einer guten selbsttätigen Kuppelung gefordert wurden.

Die Verwendung der selbsttätigen Kuppelung hat, und dies ist als ihr erster, weil vornehmster Vorzug anzusehen, die Zahl der Unfälle beim Kuppeln und Entkuppeln von Wagen auf die Hälfte vermindert, wie sich aus den Statistiken ersehen

lößt. Als Beispiel seien folgende Zahlen eines Berichts der Interstate Commerce Commission für das Jahr 1893, in welchem die Einführung der selbsttätigen Kuppelungen beschlossen wurde, und für das Jahr 1900, in welchem der Übergang im wesenlichen bewerkstelligt war, wiedergegeben:

Unfälle beim Kuppeln und Entkuppeln von Wagen:

Jahr, angehend mit 30. Juni	Von allen Angestellten wurden		Ein Angestellter wurde von	
	getötet	verletzt	getötet	verletzt
1893	433	11 277	349	13
1900	282	5 229	550	30

Das bedeutet eine Abnahme der Unfälle um 53 %.

Durch die Möglichkeit, die selbsttätige Kuppelung auch für die stärksten Beanspruchungen im Zug- und Verschiebedienst noch genügend widerstandsfähig herzustellen, wurde den Amerikanern die Möglichlichkeit gegeben, schwere Wagen zu benutzen und bedeutend mehr Achsen in einem Zuge befördern zu können. Hierdurch hat sich der Betriebskoeffizient auf den amerikanischen Bahnen verbessert.

Ferner hat sich das Rangierverfahren ganz wesentlich vereinfacht und dadurch auch hier die Betriebskosten vermindert. Die Amerikaner behaupten, daß in vielen Bahnhöfen die Rangierkosten sich auf $3^1/_2$ Cent für den Wagen ermäßigt haben, und wenn viel Schnee liegt, sollen die Rangierer viermal so viel Arbeit in derselben Zeit als früher verrichten können. Der zum Verschiebedienst erforderliche Raum soll sich um 25 % vermindert haben und auch an Rangiermaschinen und Personal gespart werden.

In Anbetracht, daß man in Deutschland oder in Europa eine brauchbare selbsttätige Kuppelung nicht besaß, hat man sich hier schon seit geraumer Zeit mit dem Gedanken vertraut gemacht, die amerikanische Kuppelung zu übernehmen.

Hierbei sind jedoch viele Schwierigkeiten zu überwinden. In Amerika ist dem Maschinen-Ingenieur eine ganz andere Möglichkeit gegeben Verbesserungen im Eisenbahnwesen, die er als wirtschaftlich erkannt hat, durchzuführen. Die finanzielle Unabhängigkeit der amerikanischen Bahnen vom Staatshaushalt und der Einfluß des Ingenieurs sichern in Amerika eine schnelle und entschlossene Einführung solcher Verbesserungen und haben dort das Eisenbahnwesen, wenigstens was den Güterverkehr betrifft, zu dem ersten der Welt gemacht.

Der Einführung selbsttätiger Kuppelungen amerikanischer Bauart werden sich in Deutschland infolge der anderen hier herrschenden Verhältnisse größere Hindernisse in den Weg stellen. Abgesehen von der Kostenfrage und der Schwierigkeit, eine Einigung der an der technischen Einheit beteiligten Bahnen zu erzielen, sind auch technische Schwierigkeiten vorhanden. Erstens sind vor der Einführung alle die Mängel zu berücksichtigen, die sich in Amerika ergeben haben und zweitens läßt sich der Übergang zu den selbsttätigen Kuppelungen nicht so einfach wie in Amerika aus-

Digitized by Google

führen, weil wir ein Zweibuffersystem und Schraubenkuppelungen besitzen, die ersteren aber ein Mittelbuffersystem und eine Greiferkuppelung darstellen.

Die technischen Schwierigkeiten dürfen zur Zeit jedoch, nach einer Reihe von Vorarbeiten und Versuchen, im wesentlichen als überwunden angesehen werden. Die folgenden Ausführungen, welche den gegenwärtigen Stand der Lösung der Kuppelungsfrage zum Gegenstand haben, dürften diese Ansicht bestätigen. Infolge der Unmöglichkeit, die jetzige Schraubenkuppelung mit der selbsttätigen Kuppelung ohne weiteres zu verbinden, werden besondere Vorrichtungen für die Übergangszeit notwendig. Diese Vorrichtungen sollen während dieser Zeit bis zur Beendigung der Einführung eine gleichzeitige Benutzung beider Kuppelungsarten zulassen, oder den Übergang so gestalten, daß die Inbetriebnahme der selbsttätigen Kuppelung von einem bestimmten Termin an ohne große Schwierigkeiten erfolgen kann.

Hat die Kuppelungsfrage selbst schon die Menge der Erfinder angespornt, so kann es natürlich nicht Wunder nehmen, wenn auch auf dem Gebiet der Übergangsvorrichtungen eine ganze Reihe von mehr oder minder brauchbaren Erfindungen gemacht worden sind.

Stellt man sich ein kinematisches Schema derselben her, so ist es leicht, sich einen Überblick über die verschiedenen Gattungen von Vorrichtungen zu verschaffen.

Da eine solche Übersicht die vorhandenen Möglichkeiten hierfür zeigt und zugleich das Verständnis erleichtern dürfte, sei dieselbe hier wiedergegeben.

Vorrichtungen zum Übergang von der Schraubenkuppelung zur selbsttätigen amerikanischen Mittelkuppelung:

I. Haken und Kuppelkopf fest angebracht. Verschiedene Höhenlage beider Kuppelungen.
II. Haken fest, Kopf entfernbar.
    a) Schwenkköpfe, senkrecht oder wagerecht drehbar.
    b) Kopf abnehmbar — Aufstecken über den Haken.
III. Haken entfernbar, Kopf fest.
    a) Schwenkbügel, senkrecht oder wagerecht drehbar.
    b) Haken abnehmbar.
IV. Haken und Kopf entfernbar.
    a) Kopf und Haken senkrecht oder wagerecht drehbar.
    b) Kopf und Haken abnehmbar — Umstecken.

Unter Drehung ist hierbei auch eine solche um einen unendlich fernen Punkt, also eine Verschiebung mit einbegriffen.

Für alle diese Klassen sind Beispiele vorhanden, doch würde es zu weit gehen, wenn an dieser Stelle darauf eingegangen würde. Einzelne Beispiele finden sich in No. 612 von Glasers Annalen 1902 aufgeführt und sei daher auf diese verwiesen.

Man möge sich hier mit einigen Photographien, auf denen die Zugehörigkeit zu der betreffenden Klasse angegeben ist, begnügen. Abb. 4 – 16. Bemerkt sei jedoch, um Mißverständnisse zu vermeiden, daß der die Kuppelungsgehänge tragende Haken häufig einer einfachen Öse weichen konnte, oder mußte.

Zur Zeit stehen, und dies ist als Ergebnis langjähriger Beratungen und Versuche anzusehen, folgende Arten von Übergangsvorrichtungen im Vordergrunde.

Das sind die Tieflage mit Schwenk- und abnehmbaren Köpfen und die Normallage mit Schwenk- und abnehmbaren Köpfen.

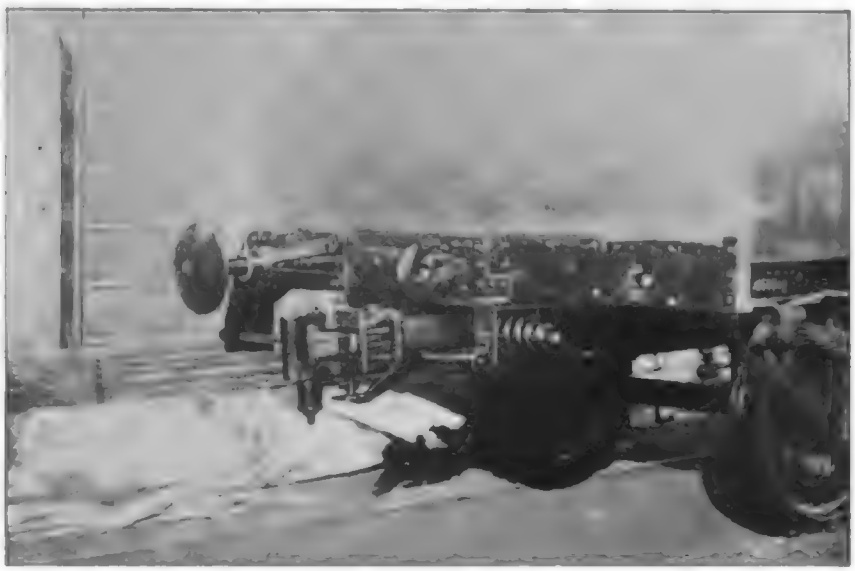


Abb. 4; Klasse I:
Haken und Kopf fest. Verschiedene Höhenlage (Tieflage) der selbsttätigen und der Schraubenkuppelung. Wagen zum selbsttätigen Kuppeln bereit.

Abb. 5; desgl.: Zwei Wagen durch gegeneinanderstofsen selbsttätig gekuppelt.

Digitized by Google

Alle diese Arten sind ausgeführt und im Versuch. Die vier der hier ausgestellten Zeichnungen zeigen die Entwürfe und Ausführungen der Kgl. Eisenbahn-

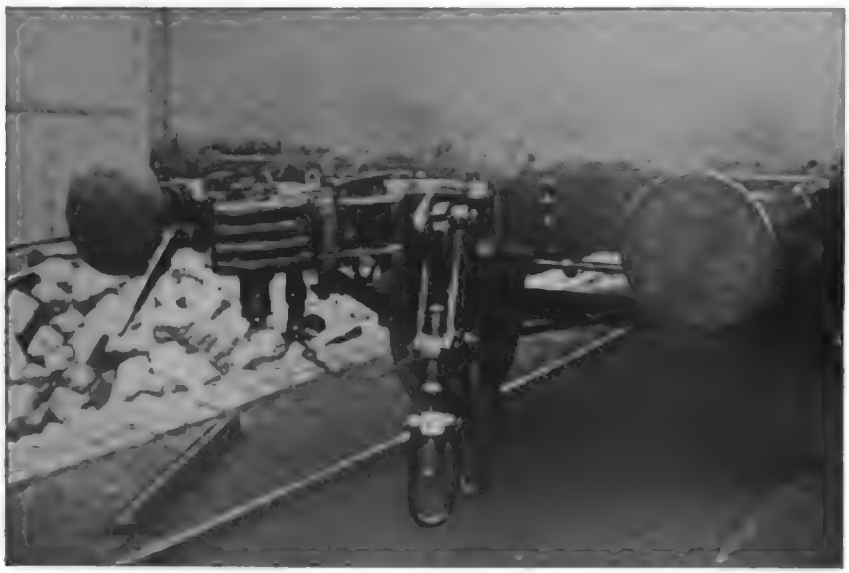


Abb. 6; Klasse IIa:
Haken fest, Kuppelkopf entfernbar (Drehen des Kopfes). Übergangsvorrichtung nach Weddigen & Grimme. Der Wagen ist zum Kuppeln mit der Schraubenkuppelung hergerichtet; der Kuppelkopf ist zur Seite geschwenkt.

Abb. 7; derselbe Wagen zum selbsttätigen Kuppeln hergerichtet. Der Kopf ist vor den Haken geschwenkt und dort festgestellt.

Digitized by Google

Direktion Berlin für die Anbringung der betreffenden Vorrichtungen an preußischen Güterwagen.

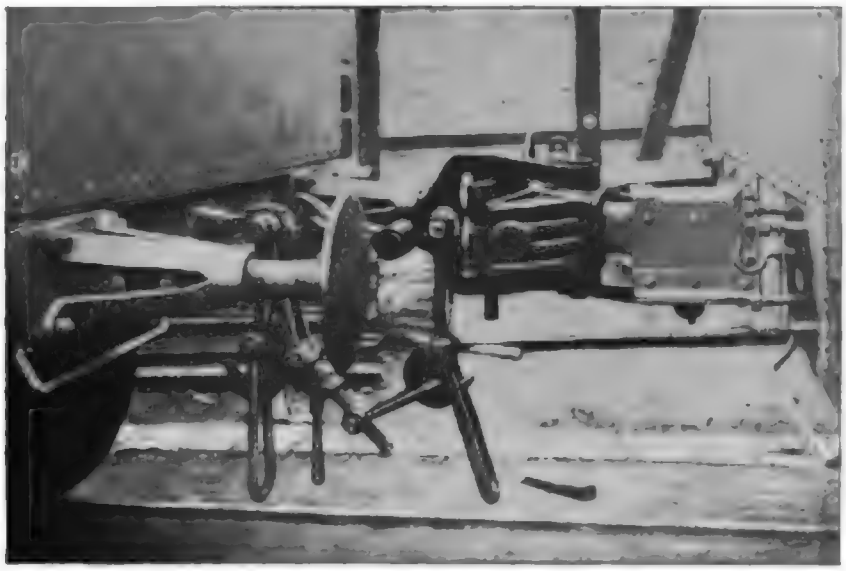


Abb. 8; Klasse IIIa:
Haken entfernbar, Kuppelkopf fest (Drehen der Schraubenkuppelung). Schwenkbügel (Übergangsvorrichtung von Krupp.) Zwei Wagen sind nach bisheriger Art verbunden, der Bügel mit der Schraubenkuppelung ist vor den Kopf geschwenkt.

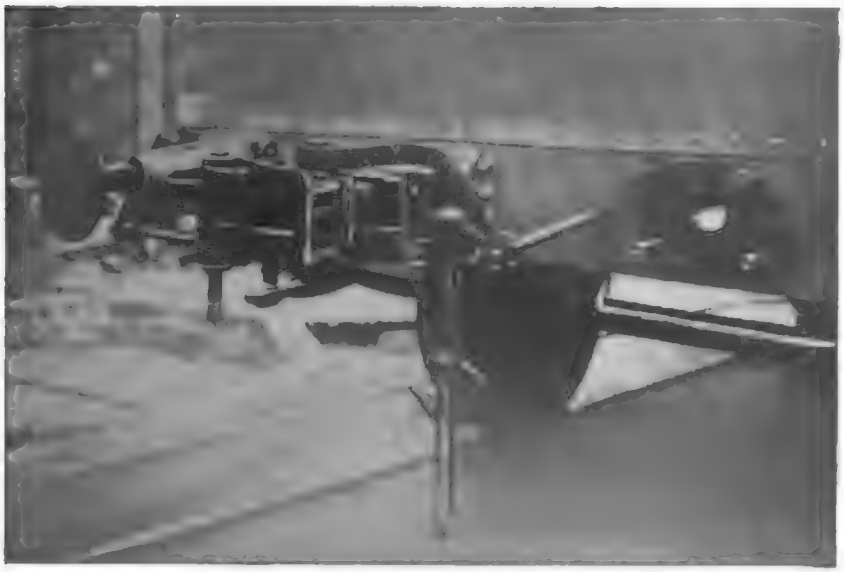


Abb. 9; der Bügel ist zur Seite geschwenkt und damit der Wagen bereit zum selbsttätigen Kuppeln.

Digitized by Google

Die auf den Photographien, Abb. 5 und 6, dargestellte tiefere Anordnung der selbsttätigen Kuppelung ist nach dem kinematischen Schema die reine und einfache

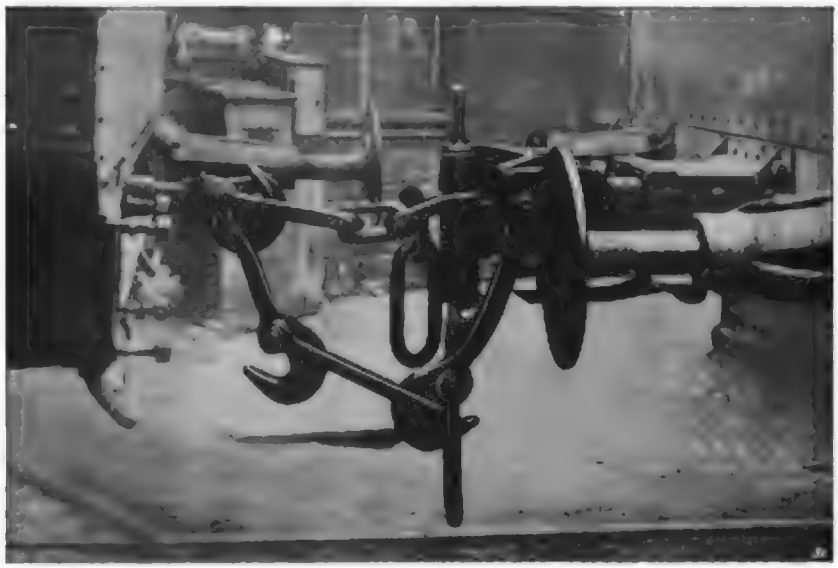


Abb. 10; Klasse III b:
Haken entfernbar, Kopf fest (abnehmen der Schraubenkuppelung).
Spörersche Kette, Übergangsvorrichtung nach amerikanischem Vorbild. Die beiden Wagen sind in bisher üblicher Weise gekuppelt, nur ist die Schraubenkuppelung durch eine Kette mit bestimmten Abmessungen ersetzt.

Abb. 11, wie vorher: der Wagen ist zum selbsttätigen Kuppeln hergerichtet. Der Bügel an dem Kuppelkopfe dient zum Einhängen der Sicherheitskuppelung.

Digitized by Google

Form einer Übergangsvorrichtung durch gleichzeitige feste Anbringung von Kuppelkopf und Zughaken der Klasse I. Die amerikanische Kuppelung liegt 240 mm unter der Zugstange der normalen.

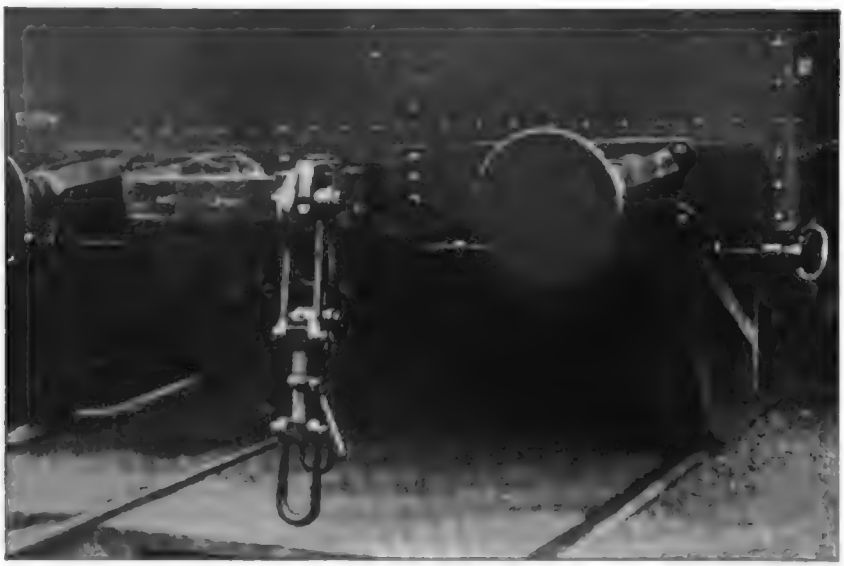


Abb. 12; Klasse IVä: Haken und Kopf entfernbar (Schwenken). Winkelschenkkopf der Firma Fr. Krupp. Der Wagen ist bereit zum Kuppeln mit der Schraubenkuppelung; der selbsttätige Kuppelkopf ist zur Seite geschwenkt.

Abb. 13: derselbe in der anderen Stellung.
Der Kopf irt nach vorn gebracht und der Haken mit der Schraubenkuppelung ausgeschwenkt, womit der Wagen zum selbsttätigen Kuppeln fertig ist.

Digitized by Google

Bei Versuchen der Firma Fried. Krupp in Essen, hatte sich nun herausgestellt, daß das Kuppeln mit der Schraubenkuppelung schwierig und gefährlich ist, weil der Kuppler beim Einhängen der Schraubenkuppelung in den über dem Kuppelkopf befindlichen Haken dieselbe über den Kopf hinwegheben muß.

Abb. 14; Klasse IVb: Haken und Kopf entfernbar (abnehmen). Umsteckvorrichtung von Weddigen & Grimme. Der Wagen trägt die bisherige Kuppelung.

Abb. 15. Der Kopf ist an demselben Wagen seitwärts abnehmbar befestigt.

Digitized by Google

Die Anbringung der selbsttätigen Kuppelung unter dem Zughaken in der genannten Art ist daher von den meisten Vertretern der Tieflage wieder verlassen worden, weil der vorstehende Kuppelkopf eine stete Gefahr für den Kuppler bedeutet, das Einhängen der Schraubenkuppelung erschwert und die Zahl der Unglücksfälle während der Übergangszeit somit stark vermehren muß.

Abb. 16. Derselbe Wagen; aber der Haken ist gegen den selbsttätigen Kuppelkopf ausgewechselt, wodurch der Wagen selbsttätig kuppeln kann.

Man hat deshalb mit Recht die Entfernung des Kuppelkopfes aus dem für die Kuppler zwischen den Wagen erforderlichen Raum z. T. durch Ausschwenken angestrebt, z. T. versucht man sich der Umsteckvorrichtung (Klasse IV b) zu nähern.

Es fällt daher logisch die tiefe Anordnung als eigentliche Übergangsvorrichtung in der Gegenwart fort, und die Frage der Höhenanordnung wird damit zu einer rein konstruktiven, denn es bleibt für das zu wählende Übergangssystem ziemlich gleich, ob man die Schwenkköpfe in der tieferen oder in der normalen Lage anbringt, oder ob man das Aufstecken der selbsttätigen Kuppelköpfe zu einem bestimmten Zeitpunkt in der tiefen oder der normalen Lage vornimmt.

Die dort hängende Zeichnung zeigt die näheren Einzelheiten der tiefen Anbringung der selbsttätigen Mittelkuppelung mit abnehmbarem Kopfe, wie sie z. Zt. in der Kgl. Hauptwerkstatt Tempelhof ausgeführt wird.

Die betr. Zeichnungen und die Photographien, Abb. 12 und 13, zeigen den selbsttätigen Kuppelkopf im Winkel zum Haken mit der Schraubenkuppelung in gleicher Höhenlage angeordnet. Dieser Winkelschwenkkopf, wie man ihn wohl bezeichnen kann, dürfte ein ziemlich einfaches Mittel sein, mit welchem sich während der Übergangszeit je nach Bedarf die eine oder die andere Kuppelungsart in Benutzung nehmen

Digitized by Google

läßt. Diese Vorrichtung gestattet eine allmähliche Einführung der selbsttätigen Kuppelung, wie sie im Interesse der Wirtschaftlichkeit und auch mit Rücksicht auf den Staatshaushalt wünschenswert sein dürfte. Sie gibt die Möglichkeit einer Einführung der selbsttätigen Kuppelung ohne gleichzeitige Umwandelung auch aller fremden Betriebsmittel, indem sie nach beendeter Ausrüstung aller einheimischen Wagen den Übergang dieser zu fremden Bahnnetzen und den fremden Fahrzeugen eine Beförderung im eignen Gebiet möglich und Umladungen an der Grenze entbehrlich macht. Ein einfaches Umschwenken stellt den Anfangszustand sofort wieder her.

Die Zeichnung und die Photographien, Abb. 14—16, zeigen die Umsteckvorrichtung von Weddigen und Grimme.

Der Übergang ist hierbei in der Weise beabsichtigt, daß bei den Wagen der Kuppelungsschaft mit dem vereinigten Zug- und Stoßapparat eingebaut wird. Der Schaft wird aber vorerst nur mit dem normalen Zughaken nebst Gehängen ausgerüstet, so daß, von dem Zugapparat abgesehen, die für den Betrieb in Betracht kommenden Verhältnisse unverändert bleiben. Sind sämtliche Fahrzeuge derart umgebaut und ausgerüstet, dann wird der Zughaken gegen den selbsttätigen Kuppelkopf ausgewechselt und die vorher bereits angebaute Auslösevorichtung für denselben angeschlossen.

Die Umwechselung von Kopf und Haken wird von drei Arbeitern durchschnittlich in etwa 5 Minuten ausgeführt. Dieselbe kann an zwei aufeinanderfolgenden Feiertagen, wie Ostern oder Pfingsten, vorgenommen werden, an denen der Güterverkehr ruht und die benötigte Zahl von Arbeitern der Reparaturwerkstätten zur Verfügung steht.

Diese Übergangsart, welche den Übergang während einer Reihe von Jahren vorbereitet und dann auf wenige Tage beschränkt, hat den Vorzug einfacher Bauart und Vermeidung von Unsicherheiten infolge gleichzeitiger Benutzung beider Kuppelungssysteme während der Übergangszeit, aber den Nachteil, daß bei häufiger notwendig werdenden Umwechselungen von Kopf und Haken Erschwernisse für den Betrieb eintreten können.

Hier muß allerdings bemerkt werden, daß die Schwenkköpfe in gleicher Weise benutzt werden können, wenn man während der Übergangszeit nur die Schraubenkuppelung in Benutzung nimmt und die Kuppelköpfe solange ausgeschwenkt läßt. Von einem bestimmten Zeitpunkt an können dann durch Schwenken der Köpfe in die Gebrauchsstellung die selbsttätigen Kuppelungen in Benutzung genommen werden. Dieses Umschwenken wird sich sehr rasch vollziehen lassen und ist ein Abwarten von Feiertagen sowie Heranziehen von Werkstattsarbeitern hierfür nicht erforderlich. Diese Vorrichtungen sind zwar teuer, aber dafür vielseitiger in ihrer Verwendbarkeit.

Mit Rücksicht darauf, daß die letzten der erwähnten Konstruktionen es gestatten, den Übergang in der normalen Höhenlage, für welche unser Wagenpark gebaut ist, zu bewerkstelligen, ist eigentlich kein hinreichender Grund mehr vorhanden, an der Tieflage der selbsttätigen Kuppelung festzuhalten, denn mit der Anwendung dieser sind noch besondere Übelstände verknüpft.

Die ungleiche Höhenlage der Schraubenkuppelung und der selbsttätigen Mittelkuppelung würde bei einem gemischt gekuppelten Zuge Betriebsgefahren hervorrufen können, da, wie Versuche der Firma Krupp in Essen gezeigt haben, infolge des auftretenden Kräftepaares die betreffenden Verbindungswagen zum Entgleisen neigen.

Die Tieflage hat auch bauliche Nachteile, denn die Wagenuntergestelle müssen, der ungünstigeren Übertragung der Stoßkraft wegen, schwerer ausgeführt werden und man bleibt an die tiefe Lage der Kuppelung nach ihrer Einführung für

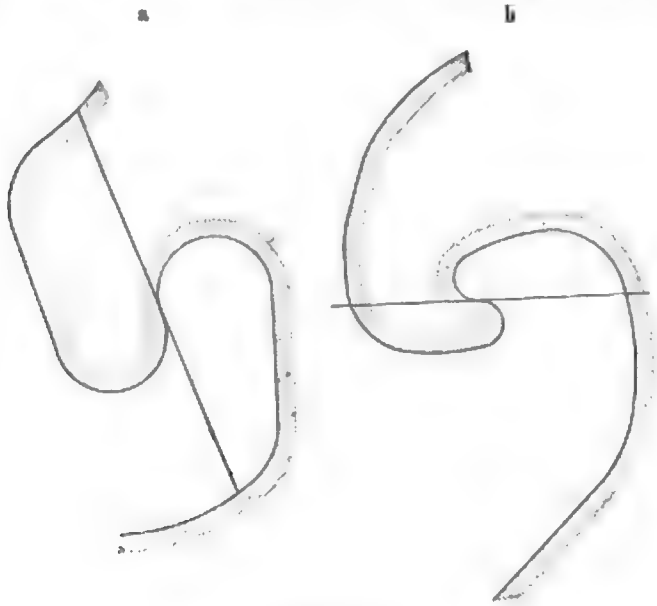


Abb. 17.

alle Zeit gebunden, wobei ein Tieferlegen der Untergestelle nach amerikanischem Vorbilde schlecht möglich ist, will man anders nicht gezwungen sein, die Raddurchmesser entsprechend zu verringern.

Diese Übelstände des ungünstigen Einbaues der Kuppelungen und der Betriebsgefahr bei gemischter Kuppelung während der Übergangszeit und der dauernd ungünstigen Bauart nach derselben empfehlen die Tieflage nicht gerade. Es ist auch kein genügender Grund vorhanden, sich die erwähnten Nachteile der Tieflage freiwillig aufzubürden, weil die Möglichkeit vorhanden ist, den Übergang in der normalen Lage ebenso günstig durchzuführen.

Es bleiben demnach als zweckmäßige Übergangsvorrichtungen zur Einführung der amerikanischen Kuppelung gegenwärtig eigentlich nur die Schwenkvorrichtungen und die Umsteckvorrichtung für die Normallage bestehen, welche, weil in derselben Höhenlage befindlich, gleichzeitig nebeneinander auf ihre Verwendungsmöglichkeit erprobt werden können.

Digitized by Google

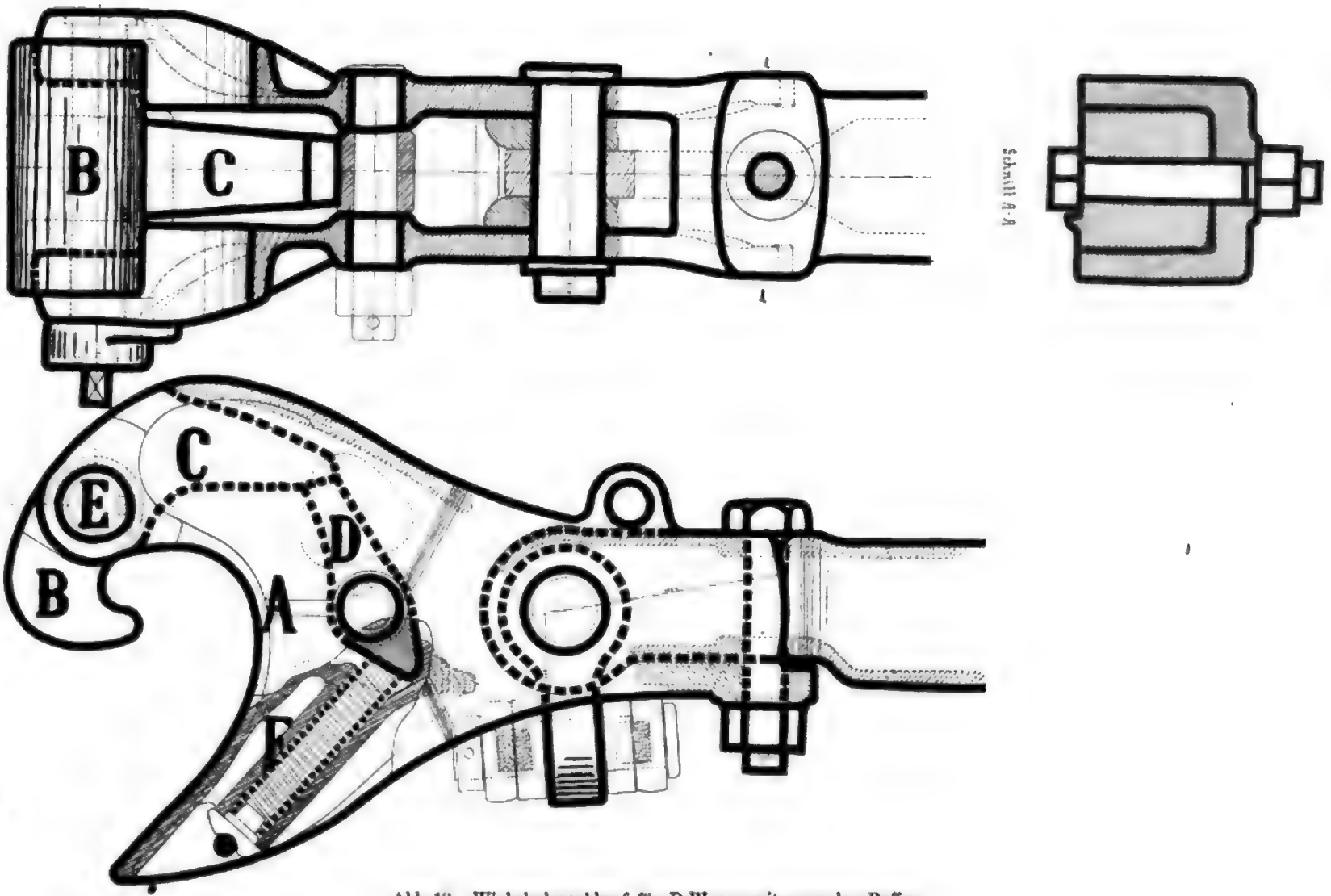


Abb. 18. Winkelschwenkkopf für D-Wagen mit normalen Puffern.

Digitized by Google

Jedenfalls dürfte aus diesen Ausführungen hervorgehen, daß man heute in der Lage ist, auf die eine oder die andere Weise den Übergang zu einer selbsttätigen Kuppelung amerikanischer Bauart zu bewerkstelligen.

Es empfiehlt sich nun aber mit Rücksicht auf die eingangs erwähnten Mängel, welche sich in Amerika im Betrieb ergeben haben, nicht, die amerikanische Bauart der Kuppelungen unverändert zu übernehmen Es hat sich unter anderem, wie bereits erwähnt, in Amerika gezeigt, daß die gewählte Eingriffslinie nach eingetretener Abnutzung ein Trennen verschlossener Köpfe gestattet, weshalb man nach und nach zu einer mehr hakenförmig ausgebildeten Begrenzungslinie überzugehen beschlossen hat.

Deshalb hat die Firma Krupp, als sie es übernahm, Versuche mit solchen Kuppelungen auf eigne Rechnung anzustellen, für die Köpfe eine Eingriffslinie gewählt, die von vornherein den Fehler der Amerikaner vermeidet, damit der weiteren Vervollkommnung der Köpfe nach der Einführung möglichst kein grundsätzlicher Mangel entgegenstehen möge. Der Eingriffslinie ist daher eine vollkommene Hakenform zu Grunde gelegt worden, wie Abb. 17 zeigt.

Einen Kuppelkopf dieser Firma zeigt die Zeichnung, Abb. 18. Die Buchstaben zur Bezeichnung der wesentlichen Teile sind dieselben, wie bei dem anfangs beschriebenen amerikanischen Kuppelkopf (Abb. 2).

A ist das Kopfgehäuse, *B* die Klaue, *C* der Klauenarm, *E* der Klauendrehpunkt. Statt des Sperrkeiles ist ein federnder Sperrdaumen *D* ausgeführt. Die Feder liegt im Innern des Gehäuses *A*, im Greifer *F*.

Dieser Kuppelkopf ist bei preußischen D-Wagen in der Winkelschwenkkopfanordnung angebracht. Derart ausgerüstete Wagen laufen z. Zt. in einem Zuge Berlin – Cöln und zurück.

Die Preußische Eisenbahn-Verw. hat sich nämlich in dankenswerter Weise entschlossen, unbeschadet ihrer Teilnahme an Versuchen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verw., selbst unabhängig Versuche zu machen und durch praktische Erprobung der selbsttätigen Kuppelung im Betriebe Erfahrungen zu sammeln.

Wenn es auch sehr nahe gelegen hätte, beim Umbau unserer Berliner Stadtbahn-Wagen bei einzelnen Zügen die selbsttätigen Kuppelungen versuchsweise einzubauen, wobei ebenfalls die Möglichkeit vorhanden gewesen wäre, die Wagen kurz zu kuppeln, so ist es doch für den Fortschritt in dieser Frage von größerer Bedeutung, daß gerade ein D-Zug, die vollkommenste Schöpfung des heutigen Wagenbaues, bei welchen die größten Schwierigkeiten bei der Ausrüstung mit selbsttätigen Kuppelungen erwartet wurden, für den praktischen Versuch gewählt wurde. Die D-Wagen wurden anfangs von den Vertretern der Tieflage vorzugsweise angeführt, um die Notwendigkeit dieser Anordnung zu beweisen, obwohl seinerzeit dabei vergessen wurde, daß die Drehgestelle ohne Abänderungen den tieferen Einbau der Kuppelungen nicht gestatten.

Die praktische Ausführung, durch welche gezeigt wurde, daß sich die Hindernisse für die Normallage, bedingt durch die an den Stirnwänden angebrachten Faltenbälge und der daraus folgenden ungünstigeren Ausführung der verschiedenen Anschlüsse für Licht, Heizung, Bremse usw., überwinden lassen, hat jene Einwände widerlegt.

Digitized by Google

Eine Zeichnung dieser Ausführung sei hier vorgeführt. Als Übergangsvorrichtung ist der Kruppsche Winkelschwenkkopf ausgeführt. Der Zughaken konnte einer Öse für die Kuppelungsgehänge weichen. Die Schraubenkuppelung selbst ist etwas verkürzt. Der mit solchen Schwenkköpfen ausgerüstete D-Zug ist seit dem Anfang März d. Js. im Betrieb.

Wenn dieser, sowie andere mit Güterwagen demnächst vorzunehmende Versuche günstig ausfallen, wie gehofft werden darf, und eine längere Betriebsdauer, welche ja zur Erprobung derartiger Einrichtungen notwendig ist, keine Übelstände ergibt, die nicht behoben werden könnten, so dürfte sich eine weitere Einführung der selbsttätigen Kuppelungen wohl empfehlen, denn nur Versuche im großen Maßstabe sind imstande die Vorzüge derartiger Kuppelungen vor den bislang gebräuchlichen in das rechte Licht zu rücken.

Zu diesem Schluß ist dem Vernehmen nach nach jahrelanger Arbeit auch der zum Studium der vorliegenden Frage eingesetzte Unterausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verw. nunmehr gekommen und hat beschlossen, die hier als im Vordergrunde stehend aufgeführten Einrichtungen als zu umfangreicheren Versuchen geeignet dem technischen Ausschuß des genannten Vereins zur Anwendung zu empfehlen.

Der allgemeinen Einführung der selbsttätigen Kuppelungen amerikanischer Bauart stehen z. Zt. wohl weniger theoretische Bedenken entgegen als die Kostenfrage.

Die Kosten für die Umwandlung des gesamten Wagenparks sind allerdings sehr hohe. Sie werden allein für Preußen die Summe von 100 Mill. Mark weit übersteigen. Diesen Kosten stehen die wirtschaftlichen und betriebstechnischen Vorteile gegenüber, und man ist nach den Ergebnissen in Amerika wohl berechtigt anzunehmen, daß sich das für den Umbau aufzuwendende Kapital verzinsen wird.

Nur für die beim Kuppeln und Entkuppeln von Wagen verunglückten Beamten und Arbeiter zahlen die Verwaltungen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verw. jährlich rund 5 Mill. Mark. Dieser Betrag wäre die Verzinsung zu 5 % für ein Anlagekapital von 100 Mill. Mark. Bei Verminderung der Unfälle nur auf die Hälfte, worauf ziemlich sicher gerechnet werden kann, würden die genannten Verwaltungen 50 Mill. Mark ohne wirtschaftlichen Nachteil zum Einbau selbsttätiger Kuppelungen verwenden können. Das ist immerhin schon ein beträchtlicher Teil der aufzuwendenden Gesamtsumme.

Allerdings pflegt man nicht gern von einer Rentabilität zu sprechen, wenn es sich um Aufwendungen für die Wohlfahrt von Angestellten handelt.

Die Ersparnisse an Betriebskosten, welche die Einführung selbsttätiger Kuppelungen mit sich bringt, infolge schnellerer Verrichtung der Rangierarbeit und damit des schnelleren Wagenumlaufs usw., dürfen, wie es sich in Amerika ergeben hat, nicht unterschätzt werden.

Es ist schwer über die Rentabilität des aufzuwendenden Kapitals, sowie über die Höhe dieses selbst, den Propheten spielen zu wollen, da eine ganze Reihe von Faktoren sich rechnerisch gar nicht vorher bestimmen lassen.

Obwohl die beschriebene selbsttätige Kuppelung für Zug und Stoß, also auch zugleich das Mittelpuffersystem, von den z. Zt. vorhandenen derartigen Erfindungen mit

Digitized by Google

Rücksicht auf Theorie und Praxis am zweckmäßigsten eingeführt werden würde, sollte man doch die Frage nicht ganz außer acht lassen, ob in Hinsicht auf die hohen Kosten der Einführung nicht doch schließlich das bestehende Zweipuffersystem beibehalten und nur eine selbsttätige Zugkuppelung angebracht werden könnte, da auch eine solche das Treten zwischen die Wagen für die Kuppler entbehrlich macht und die Gefährlichkeit der Seitenpuffer damit sehr herabmindert.

Da das Bessere der Feind des Guten zu sein pflegt, ist allerdings, wie gesagt, die vorher beschriebene amerikanische Kuppelung, welche Zug- und Stoßvorrichtung in sich vereinigt, für die Einführung vorzuziehen.

Wie dem auch sei. Zur Einführung einer selbsttätigen Kuppelung wird man sich doch in nicht zu ferner Zeit entschließen müssen, weil Humanität, Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit dieselbe fordern, zumal man bedenken muß, daß eine Einführungsdauer von etwa zehn Jahren zum Übergang von den Schraubenkuppelungen und dem Zweipuffersystem zu den selbsttätigen Kuppelungen und dem damit vereinigten Einpuffersystem notwendig sein wird, für welche Zeit man noch an die Benutzung der Schraubenkuppelungen mit ihren erwähnten Nachteilen gebunden bleibt.

Die Entwickelung des Eisenbahnwesens fordert eine bessere Art der Wagenverbindung und man sollte sich daher nicht scheuen, die Kosten für die Verbesserung der Verkehrseinrichtungen aufzuwenden, welche man früher oder später doch aufzuwenden gezwungen sein wird.

Vorsitzender: Ich bitte den Herrn Vortragenden, an dem Modell den Gegenstand seines Vortrags näher zu erläutern.

(Geschieht.)

Es sind mehrere Herren, die sich für diese Frage interessieren, zu dem heutigen Vortrag besonders eingeladen worden.

Herr Sanitätsrat Dr. Stephan-Ilsenburg: Die amerikanische Kuppeleinrichtung ist sicher von großem Wert; sie setzt den Kuppler der jetzt vorhandenen Gefahr nicht aus und erleichtert, vollständig durchgeführt, den Bahnbetrieb. Sie hat aber auch ihre Schattenseiten. Abgesehen von der langen Pufferfläche, welche durch den verschiedenen Hochstand der Wagen bedingt ist, haken die Kuppelenden in Kurven leicht nach der Seite aus, und wenn nach Aussage des Herrn Eisenbahnministers in Amerika siebenmal mehr Menschen durch die Eisenbahn verunglücken als bei uns, so bietet möglicherweise gerade die amerikanische Kuppelung nicht die Fahrsicherheit wie bei uns. Nun soll eine stärkere Krümmung der Kuppelflächen dieses Aushaken verhindern; letzteres ist sehr wahrscheinlich. Wahrscheinlich ist aber auch, daß die Kuppelung selbst, namentlich über Kurven und Weichen, nicht so leicht von statten geht, resp. daß der Kuppelkopf event. abbricht, weil durch die veränderte Krümmung eine Raumbeschränkung zwischen den Kuppelköpfen nach der Seite hin eintreten muß und die seitliche Bewegung der Wagenstirnflächen gegeneinander ist keine geringe und eine ruckweise und sogar kräftige.

Auch in anderer Beziehung stehen der Ausführung dieser Art Kuppelung bei unseren jetzt einmal vorhandenen Einrichtungen große Schwierigkeiten entgegen: Wie

Digitized by Google

lange soll es dauern, bis dieselbe allgemein eingeführt ist? Ist bis dahin ein Doppelsystem nicht dem Betriebe sehr hinderlich? Wie will man z. B. auf unseren Bahnhöfen beide Systeme getrennt halten? Welche Kosten wird die Sache verursachen? Das sind Fragen, welche sehr wohl berücksichtigt werden müssen.

Bei der Einführung einer besseren Kuppelung kommt es vorerst überhaupt auf eine Selbstkuppelung nicht an, es kommen vielmehr folgende Punkte in Betracht.

1. Die Kuppelung soll von der Seite des Wagens ausgehen, damit der Kuppler nicht gefährdet ist.

2. Die Kuppelung soll die Sicherheit während des Fahrens des Zuges nicht gefährden.

3. Die Kuppelung soll so eingerichtet sein, daß fakultativ die jetzige und die neue Kuppelung an demselben Wagen leicht ausführbar ist.

Ich glaube nun, daß sich nach dem Muster des beistehenden Modells die drei Punkte erfüllen lassen.

In dem eisernen Rahmen der meisten Eisenbahnwagen liegen der Länge nach nahe der Mitte zwei parallel verlaufende Winkeleisen. Auf die horizontale Fläche dieser Winkeleisen lege man zwei Zahnstangen; auf diese Zahnstangen werden ein vorderes und hinteres Paar durch Achsen verbundene Zahnräder gelegt. Diese Achsen sind wiederum beiderseits an ihren Enden gekröpft, zwar so, daß die Kröpfungen etwa $1^1/_2$ mal so lang sind als die Zahnräder im Durchmesser. Die vorderen und hinteren Kröpfungen sind beiderseits durch zwei Stangen gelenkig und parallel verbunden. Beide Stangen gehen durch zwei Schlitze in der vorderen Pufferbohle nach vorn und vereinigen sich ösenförmig vor der letzteren. An den hinteren Enden der Stangen befinden sich zwei Ösen, deren Zweck später erörtert werden soll. Werden nun die beiden Paar Zahnräder nach vorn gedreht, so macht die vordere Öse eine Einhakebewegung und hakt über einen etwa vor ihr liegenden Haken hinweg, genau so, wie es der Kuppler macht, wenn er die Kuppelkette über den Kuppelhaken wirft. Bei weiterer Drehung der Zahnräder geht die Öse innerhalb des Hakens zurück und spannt den Haken.

Um nun diesen Mechanismus von der Seite des Wagens aus in Bewegung zu setzen, ist es angebracht, den Apparat in eine Art Schlitten zu spannen, auf der unteren Fläche des Schlittens eine dritte Zahnstange und ein darunterliegendes Zahnrad anzubringen. Die Achse dieses Zahnrades läßt man auf beiden Seiten unterhalb des Wagens hervortreten und mit Kurbeln versehen. Mit diesen Kurbeln kann man den Kuppelapparat leicht regieren, die Öse einhaken, spannen und aushaken. Diese Einrichtung würde aber für den Betrieb noch ungenügend sein, wenn nicht die Spannung gesichert würde und die Zahnräder außer Funktion gesetzt und von jeder weiteren Arbeit befreit würden. Beides wird durch folgenden Mechanismus erreicht: Hinter dem Kuppelapparat wird unter dem Wagenrahmen liegend eine zweite Welle (Achse) angebracht mit seitlichen Kurbeln. Die Achse ist mit drei exzentrischen Scheiben fest verbunden, und zwar sind die beiden seitlichen Scheiben entgegengesetzt exzentrisch als die mittlere. Die drei Scheiben liegen in drei runden Löchern von drei zweiarmigen Hebeln, welche in der Längsrichtung des Wagens verlaufen und hinten untereinander

Digitized by Google

verbunden und belastet sind. Die beiden seitlichen vorderen Hebelarme sind vorn mit Haken versehen. Der mittlere vordere Hebelarm liegt, wenn der ganze Apparat zum Einkuppeln bereitgestellt ist, von unten her mit seinem vorderen Ende auf dem Schlitten. Der Schlitten geht beim Kuppeln nach vorn, bis der vorstehende Eisenbahnwagen gekuppelt und gespannt ist. In diesem Momente aber scheidet der nach vorngehende Schlitten die Länge des vorderen Hebelarms des mittleren Hebels, dieser dreht sich nach oben und stemmt sich nun gegen den Schlitten; zugleich drehen sich die vorderen Enden der beiden seitlichen Hebel nach oben und haken in die oben erwähnten hinteren Ösen der Ösenstangen ein; damit sind aber, wenn der Gegenstoß der beiden Wagen eintritt, die Zahnräder ganz außer Funktion gesetzt und die Kuppelung fest gesichert. Die Lösung der Spannung kann nur geschehen, wenn die hintere Welle um eine halbe Umdrehung gedreht wird; dadurch lassen sich Sicherung und Kuppelspannung leicht lösen und die Kuppelung selbst kann jetzt eben so leicht durch Rückwärtsdrehen der vorderen Welle ausgehakt werden.

Um nun eine selbsttätige Kuppelung zu erzielen, hat man nur nötig, durch den Puffer beim Anstoß einen an der vorderen Kurbel angebrachten, vorn auf einer Platte aufliegenden Bolzen von seiner Auflage zurückzustoßen und der Apparat tritt durch Gewicht und Schwungkraft von selbst in Tätigkeit und führt die Kuppelung exakt aus.

Ein seitliches Ausweichen ist bei dieser Art Kuppelung nicht möglich. In der vertikalen Linie sichert die Höhe des Hakens schon ein Aushaken. Zur weiteren Sicherung läßt sich noch ein zweiter Haken als Kettenglied und ein beschränktes Gelenk in der vorderen Öse anbringen. Endlich kann wie bei der gewöhnlichen Kuppelung eine zweite lockere Kette, so hier eine zweite Kuppelung die Fahrt sichern.

Die Vorteile dieser Kuppelung sind folgende:

1. Sie ist fester. Ein Ausweichen oder Aushaken seitlich oder vertikal ist ausgeschlossen; dabei bleibt genügende Beweglichkeit für Stöße von seiten des fahrenden Zuges.

2. Sie ist sowohl durch die Hand von der Seite des Wagens ohne Gefahr für den Kuppler (z. B. bei vor- und stillstehendem Wagen) als auch selbsttätig durch Stöße vom anderen Wagen aus auszuführen.

3. Sie läßt sich durch eine Kurbelbewegung sehr leicht ausschalten und ist der gewöhnlichen Kuppelung alsdann durchaus nicht hinderlich. Die Einführung dieser Kuppelung beeinträchtigt also durchaus den Eisenbahnbetrieb nicht.

4. Sie ist nicht teuer und läßt sich ohne große Schwierigkeiten an jedem Wagen anbringen.

Herr Maether, Maschinenbauanstalt, Berlin: Ich möchte eine Frage an Herrn Regierungsbaumeister Sauer richten. Ich bin freilich seit 40 Jahren aus dem Eisenbahnwesen heraus und in 40 Jahren mag sich viel geändert haben; aber vor 40 Jahren ist ein Gewicht bei den Personenzügen darauf gelegt worden, daß durch die Spindelkuppelung, wie sie früher war, die Wagen fest zusammengezogen wurden beim Schnellfahren und beim Halten, um die Stöße abzuparieren. So war es früher. Nun möchte ich die Frage an den Herrn Vortragenden richten, ob bei den neuen Kuppe-

lungen, wenn sie sich seitlich zusammenkneifen, von selbst die Möglichkeit vorliegt, daß die Wagen fest zusammengespannt werden, daß beim Fahren oder beim Halten auch erreicht werden kann, daß die Wagen festsitzen. Aus den Zeichnungen kann ich das nicht recht ersehen.

Herr Regierungsbaumeister Sauer-Kassel: Ich bin bereit, dem Herrn Vorredner darüber Auskunft zu geben. Für die meisten Wagen, wenigstens für den gesamten Güterwagenpark und die langsamerfahrenden Personenzüge ist eine solche spannungserzeugende Kuppelung nicht notwendig, weil das Spiel zwischen den Köpfen zweier Wagen nur etwa 10 mm beträgt. Das würde ein Schlottern des ganzen Zuges um vielleicht einen Zentimeter, d. h. ein ungefedertes Auffahren um diesen Betrag für den letzten Wagen bedeuten. Das Auffahren wird also im übrigen nicht plötzlich erfolgen können, denn es treten die eingeschalteten Federn, die ja in alle Wagen eingebaut werden, nacheinander in Tätigkeit. Bei den Personenwagen, welche in D-Zügen laufen, und bei vierachsigen Abteilwagen kann man in folgender Weise die Zug- und Stoßvorrichtungen einrichten, um eine Spannung im Zuge zu erzeugen. (Wird angezeichnet.) Vgl. Glasers Annalen 1902 No. 612 die Diskussion über denselben Gegenstand. Wenn man hier das Untergestell hat und an dem Ende in der Mitte den Kuppelkopf, dann kann man hinten vom Zugapparat aus durch Hebelübertragung die Puffer durch die Zugkraft vordrücken oder man kann die Puffer etwas weiter über die mittlere Kuppelungslinie (Eingriffslinie) der Köpfe vorstehen lassen, sodaß die ersteren bei dem selbsttätigen Kuppeln der Wagen schon zusammengepreßt werden, auf diese Weise ist dann eine Spannung bei dem gekuppelten Zuge stets vorhanden. Beim Fahren in der Graden genügt die Vorspannung an den beiden Seiten, in der Kurve tritt dazu noch die Wirkung der Einstellfedern für die Mittelkuppelung. Ich glaube aber, ein Übelstand infolge des geringen Spielraums der Köpfe wird nicht auftreten können.

Die Amerikaner haben — allerdings nicht zu diesem Zwecke — ähnliche Vorrichtungen, durch welche sie die Wagen — sie haben fast durchweg D-Wagen — mit Federspannung aneinanderdrücken. Ist dies hier die Pufferbohle, dann haben sie ihre Kuppelung hier dicht unter derselben liegen und drücken mit einer Hebelübertragung die Faltenbälge der Übergangsbrücken gegeneinander. Die Hebel wirken derart, daß sowohl bei Zug, wie bei Stoß die Faltenbalgrahmen vorgedrückt werden. Die Amerikaner haben diese Einrichtung allerdings nur zu dem Zwecke getroffen, damit sie die Faltenbälge nicht, wie bei uns, mit der Hand verbinden müssen. Ich glaube aber solche Vorrichtungen werden zum Zwecke, Spannung im Zuge zu erzeugen, nicht notwendig sein. Es wird sich vielleicht empfehlen, einmal die Puffer bei dem erwähnten D-Zug versuchsweise abzunehmen; das Schlottern der Köpfe wird sich dann wohl nicht sehr bemerkbar machen, und so gar viel unruhiger wird man dann auch nicht fahren, weil für die Ruhe im Gleise ganz andere Faktoren mitsprechen.

Herr Maether, Maschinenbauanstalt, Berlin: Dann hätte ich noch eine Frage. Wenn der Puffer so vorgeschoben wird, dann ist er eigentlich schon aus der Lage heraus; denn meines Wissens ruht der Puffer bei den gewöhnlichen Wagen auf Gummischeiben und bei Personenwagen auf gewundenen Federn. Wenn er vorgeschoben wird,

würde eigentlich die Spannkraft aus den Federn schon herausgebracht. Meines Wissens sind aber die Spannhaken an den Wagen doch auch an den Federn und durch die Spindelkuppelung werden die Puffer sowohl als die Haken gespannt. Meines Erachtens ist es in den Personenwagen die starke Feder, welche gegen die Stirnwand beim Anziehen drückt. Durch diese Feder in der Mitte ist es beim Anziehen ermöglicht, daß es nicht den harten Stoß auf die Feder gibt. Nun weiß ich nicht, wenn der Puffer vorgeschoben wird, ob es genügt, wenn die Feder gespannt ist. Die Feder bleibt doch in Spannung, oder haben Sie keine Federn? Ich bin der Meinung, daß es nicht genügt, wenn einfach der Puffer vorgeschoben wird.

Herr Regierungsbaumeister Sauer-Kassel: Wenn die Puffer um 5 cm vor der Mitte der Eingriffslinie vorstehen, so würde das meines Erachtens schon genügen. Das einfache Vorstehen der Puffer genügt, um das Schlottern zwischen den Köpfen aufzuheben, weil damit sozusagen die Pufferfedern der Feder des Hauptzugapparates vorgeschaltet werden. Die Vorrichtung, welche ich vorhin für unsere D-Wagen angegeben habe, beruht darauf, daß beim Anziehen des Zuges die Puffer noch weiter vordringen. Wenn sich der Kuppelkopf um einige Zentimeter von der Pufferbohle entfernt, d. h. durch die Zugkraft vorgezogen wird, würden die Pufferfedern von der Vorspannung, welche sie normal nach dem Kuppeln haben, entlastet werden. Um das zu vermeiden, werden durch die angeordnete Hebelübertragung die Federn der Puffer von hinten nachgedrückt und damit den Puffern eine Vorwärtsbewegung durch die Zugkraft erteilt.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. Wedding: Ich möchte den Herrn Vortragenden bitten, doch auch darüber sich zu äußern, ob und welche Bedenken er gegen die zweite uns heute durch Herrn Dr. Stephan vorgetragene Kuppelung hat, welche anscheinend die der beschriebenen Kuppelung noch anhaftenden Mängel beseitigt.

Herr Regierungsbaumeister Sauer-Kassel: Gegen diese Kuppelung habe ich allerdings verschiedene Bedenken, und das sind folgende. Wenn beide Wagen auf selbsttätige Kuppelung eingestellt sind, dann werden die Ösen, welche die Wagenverbindung selbsttätig herstellen sollen, gegeneinander springen und sich verletzen, weil nicht an jedem Wagen ein Rangierer stehen kann, um die jeweils erforderliche Schaltbewegung vorzunehmen. Zweitens sind mit dem Vorlegen des zweiten Hakens und mit dem Entfernen desselben je nach Bedarf, Übelstände für den Betrieb verbunden. Zuviele Handhabungen sind für solche Einrichtungen unzweckmäßig. Drittens, wenn diese Kuppelung genügend stark ausgebildet werden soll, um mit ihr unsere ständig wachsenden Zugkräfte zu übertragen und der Seiten- und Höhenverschiebung der Wagen genügend Rechnung zu tragen, so wird man den erforderlichen Raum nicht mehr zwischen den Wagen haben, auch die zweiten Haken schwer einordnen können. Außerdem würden die Kosten für die Einführung der vorliegenden Kuppelung, die eine ganze Reihe von Teilen bei der Ausführung erhalten muß, nicht viel geringer werden als für die selbsttätige Kuppelung amerikanischer Bauart, welche mit ihrer Schloßeinrichtung so ziemlich das Einfachste darstellt, das man auf diesem Gebiete erfinden kann; denn der Kuppelkopf mit seiner Klaue übt ja weiter nichts als die Tätigkeit der

Digitized by Google

menschlichen Hand aus. Die Natur gibt uns auch hier wieder eine Anregung, wie man den geforderten Zweck mit einfachen und praktischen Mitteln erreichen kann.

Herr Sanitätsrat Dr. Stephan-Ilsenburg: Was die Einstellung der doppelten selbsttätigen Kuppelung von beiden Wagen zu gleicher Zeit anbetrifft, so ist dieselbe nicht angängig, aber auch nicht nötig. Man stellt eben nur von **einem** Wagen die selbsttätige Kuppelung ein und macht nach ausgeführter Kuppelung die zweite Kuppelung vom anderen Wagen aus mit der Hand.

Was die Einfachheit des Apparates anbetrifft, so ist er einfacher als der amerikanische Kuppelapparat. Schon der amerikanische Kuppel**kopf** besteht aus zwei Kuppelteilen, einem Gelenkbolzen, einem zweiten Bolzen und einer Feder. Bei meiner Kuppelart sind im wesentlichen nur zwei Paar durch Achsen verbundene Zahnräder vorhanden, welche wiederum mit einer langen gebogenen Stange verbunden sind.

Es soll nun außerdem der Apparat hinderlich sein für andere unter dem Wagen liegende Einrichtungen. Auch dieses ist nicht der Fall; im Gegenteil, man kann event. die untere Fläche des Schlittens benutzen, um als Unterlage zu dienen für Schläuche und Röhren, welche z. B. zur Heizung oder Beleuchtung des Zuges dienen. Diese Schläuche usw. schieben sich mit dem Schlitten bei der Kuppelung zum Gebrauch von selbst vor und lassen sich alsdann mit denen der anderen Seite leichter vereinigen. Darin liegt also ein Vorteil und kein Nachteil.

Was nun die Herstellungskosten des Apparates anbetrifft, so können dieselben nicht hoch sein. Der ganze Apparat besteht aus einigen Zahnrädern und Stäben. Die Achse der Räder läßt sich auch noch vereinfachen. Diese einfachen Herrichtungen kosten nicht viel.

Herr Regierungsbaumeister Lorenz-Berlin: Die Zughaken stehen über den Höhen in verschiedener Entfernung, von 1065—945 mm. Ich möchte Herrn Dr. Stephan fragen, ob das auch berücksichtigt ist. Ich meine, das wird hier nicht einfallen bei den verschiedenen Höhenlagen.

Die Höhe der Wagengestelle und der damit verbundenen Konstruktionsteile ist nicht immer dieselbe, so daß für die Höhe der Puffer über Schienenoberkante eine Veränderlichkeit von 1065 mm bis 940 mm zugelassen ist. Wenn nun die Wagen mit der Dr. Stephanschen Konstruktion bei verschiedener Höhe ihrer Puffer über Schienenoberkante aufeinandertreffen, so wird der Bügel nicht in den Haken eingreifen und die Kuppelung unterbleiben. Ich möchte Herrn Dr. Stephan fragen, ob er die veränderliche Höhe der Wagengestelle berücksichtigt hat.

Herr Sanitätsrat Dr. Stephan-Ilsenburg: Bezüglich der Höhenlage der beiden Wagen ist zu bemerken, daß sie der Kuppelung nicht hinderlich ist. Die Pufferbohle ist 30 cm hoch. Die Schlitze darin würde man 28 cm lang machen können.

Herr Regierungsbaumeister Lorenz: Ich meine, der Haken muß besonders hoch und konstruktiv besonders ausgebildet sein.

Herr Sanitätsrat Dr. Stephan-Ilsenburg: Die Höhe des Hakens am gegenüberliegenden Wagen mag 12 cm betragen. Beim Einhaken geht die Öse über die

Spitze des Hakens alsdann nach unten und wieder zurück, um in die Krümmung des Hakens zu gleiten.

Herr Regierungsbaumeister Lorenz: Dann kommen Sie nicht vorwärts!

Herr Sanitätsrat Dr. Stephan-Ilsenburg: Wenn die Zahnräder einen Durchmesser von 8 cm haben und die Kurbeln an denselben 12 cm lang sind, so geht, wenn die Kurbeln horizontal nach hinten stehen und sich mit den Zahnrädern nach vorn drehen, bis sie vertikal nach unten stehen, die vordere Öse in Form einer Ellipse 12 cm nach oben, 36 cm nach vorn, 24 cm nach unten und zuletzt 6 cm rückwärts. Bei Hochstand des vorderen Wagens geht die Öse immer noch 4 cm über die Hakenspitze des Vorwagens hinweg, um einzuhaken. Bei Tiefstand kommt sie 4 cm unterhalb der Spitzen in die Krümmung des Hakens zu liegen, wenn der Wagenhöhenunterschied 8 cm, die Hakenhöhe 12 cm beträgt.

Außerdem kann der verschiedene Höhenunterschied vollständig ausgeglichen werden durch einen zweiten Haken, welcher beweglich auf dem ursprünglichen ruht, wodurch der Zug der Öse immer in die Mitte des Hakens als eines Kettengliedes fällt, sodaß ein Aushaken in der vertikalen Richtung unmöglich ist.

Herr Regierungsrat Fischer: Ich wollte mir die Frage erlauben, wie die Zugkräfte übertragen werden. Die Zugkraft der Lokomotive muß doch entweder durch eine durchgehende Zugstange oder durch die Untergestelle der einzelnen Wagen übertragen werden. Eine durchgehende Zugstange ist doch wohl bei dieser Einrichtung, wie auch bei der amerikanischen und manchen anderen Einrichtung ausgeschlossen. Es muß daher der Kuppelbügel festen, starren Zusammenhang mit dem Untergestell haben. Wie hängt nun die Kuppelöse mit dem Untergestell zusammen?

Herr Sanitätsrat Dr. Stephan-Ilsenburg: Die Frage, an welchem Punkte der ganze Apparat seinen Stützpunkt beim Fahren des Zuges findet, ist dahin zu beantworten, daß dazu die Träger der Welle des Sicherheitsapparates dienen, welche fest verbunden sind mit dem unteren Rande des Wagenrahmens. Die Elastizität an den Kuppelgliedern wird durch den Haken des anderen Wagens geboten. Man kann allerdings die Hakenstange desselben Wagens mit unwesentlichen Abänderungen in der Konstruktion für den ganzen Apparat als Lager benutzen, sie muß nur stark genug sein. Alsdann kommen die Lager der Welle der Sicherung an die Hakenstange zu liegen. Dadurch wird auch dem Apparat die Elastizität seiner Unterlage erteilt.

Man kann sogar, wie bei der amerikanischen Kuppelung, die Puffer in die Mitte bringen, legt Öse und Haken auf die Puffer und läßt in vertikaler Richtung einhaken.

Vorsitzender: M. H., die Bedeutung, die der Sache beiwohnt, namentlich im Interesse der Sicherheit des Personals, wird auch von den europäischen und ganz besonders von den deutschen Bahnen voll gewürdigt. Praktische Versuche werden in umfassender Weise gemacht. Von der preußischen Staatsbahnverwaltung ist ein ganzer D-Zug, der zwischen Berlin und Köln fährt, zu Versuchzwecken ausgerüstet. Die Zahlen freilich, die Herr Baumeister Sauer aus Amerika angeführt hat, über die

Digitized by Google

Tötungen und Verletzungen des Personals, sind immer noch überaus hoch. Sie sind zwar zurückgegangen gegen die Zeit vor Einführung der neuen Kuppelung, aber sie sind noch erheblich höher als die Unfallziffern, die wir auf den deutschen Bahnen zu verzeichnen haben. Was die Besorgung des Güterverkehrs in Amerika anlangt, auf die der Herr Vortragende in seinen Eingangsworten hinwies, so glaube ich, daß unsere Staatsbahnen inbezug auf die Sicherheit und Schnelligkeit der Güterbeförderung und inbezug auf die Schnelligkeit des Wagenumschlags es mit den amerikanischen Bahnen durchaus aufnehmen. Der Verein ist dem Herrn Vortragenden dankbar, daß er diesen Gegenstand uns hier so fesselnd vorgetragen hat; auch Herrn Dr. Stephan aus Ilsenburg danke ich für die Vorführung seiner Erfindung.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

Bericht über die Sitzung vom 3. Oktober 1904

Vorsitzender: Unterstaatssekretär Fleck.

Vorsitzender: M. M., ich habe die Ehre, Sie nach der sommerlichen Pause zur Wiederaufnahme unserer Verhandlungen herzlich willkommen zu heißen.

Sitzungsbericht:

Die Niederschrift vom 6. Juni wird genehmigt.

Aufgenommene Mitglieder:

Herr M. Jablonski, Generalsekretär des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche, Friedenau, und Herr Fabrikbesitzer Hermann Stobwasser, Berlin.

Angemeldete Mitglieder:

Königliche Bergakademie zu Clausthal und Metallwarenfabrik vormals F. R. Zickerick in Wolfenbüttel.

Mitteilungen des Vorstandes:

Vorsitzender: Mir war die Mitteilung zugegangen, daß unser Mitglied Herr Carl Flohr, Berlin, Chausseestr. 28b, das 25jährige Jubelfest der Leitung seiner Maschinen-Fabrik am 2. Juli d. J. begehen werde. Ich habe dem Technischen Ausschuß in der Junisitzung hiervon Kenntnis gegeben und Herrn Flohr den Glückwunsch des Vereins in einem Schreiben ausgesprochen. Ich darf diesen Glückwunsch hier in der Vollversammlung von Herzen wiederholen. Eine sehr interessante Festschrift gibt Kunde von der blühenden Entwicklung der Fabrik unter der kraftvollen Leitung ihres Besitzers.

Von der Generalverwaltung der Königlichen Museen ist mir eine Anzahl von Verzeichnissen der Vorträge übersandt, die in diesem Quartal im Kunstgewerbemuseum am Montag, Dienstag und Freitag abends gehalten werden. Ich stelle sie hier zur Verfügung.

Von unserem Rendanten sind die Abschlüsse der Kasse des Vereins und der von Seydlitz-Stiftung für das zweite Quartal vorgelegt worden. Danach betrug für den Verein die Einnahme einschließlich Bestand vom 31. März 1904: 20 276,66 ℳ, die Ausgabe 3038,75 ℳ, so daß ein Bestand von 17 237,91 ℳ verblieben ist. Bei der von Seydlitzschen Stiftung betrug die Einnahme einschließlich Bestand vom 31. März 1904: 14 978,12 ℳ, die Ausgabe 8523,62 ℳ, mithin Bestand 6454,50 ℳ.

Soeben ist mir noch die schmerzliche Mitteilung geworden, daß der Bergwerkdirektor Herr Rudolf Härche, Vorstandsdelegierter der Gewerkschaft Schlesische Nickelwerke, unser Mitglied seit dem 2. April 1894 und ein eifriger Mitarbeiter in dem Ausschusse für Legierungen, am 16. September d. J. in einem Alter von 62 Jahren verschieden ist. Der Verein wird diesem Mitgliede ein treues Andenken bewahren.

An Druckschriften, welche vom Technischen Ausschuß vorgelegt werden, sind eingegangen: Jahresberichte der Königlich Preußischen Regierungs- und Gewerberäte und Bergbehörden für 1903, übersandt vom Herrn Minister für Handel und Gewerbe; The John Crerar Library, neunter Jahresbericht für das Jahr 1903, Chicago 1904, und die Statistik der Oberschlesischen Berg- und Hüttenwerke für das Jahr 1903, herausgegeben vom Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Verein, Kattowitz.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: M. H., Sie erinnern sich, daß bei jener Feier zu Ehren unseres verstorbenen Vorsitzenden Exzellenz von Delbrück eine große Büste hergestellt und verwendet worden war. Der Bildhauer, der sie bisher aufbewahrt hatte, hat sein hiesiges Atelier aufgegeben und ist nach auswärts übergesiedelt; es entstand naturgemäß die Frage, was mit dieser schönen Büste zu machen sei. Ich habe im Auftrage unseres ersten Herrn Vorsitzenden mit Ihrer Exzellenz Frau Staatsminister von Delbrück verhandelt und ich möchte die die Frage betreffende Stelle aus ihrem Briefe vorlesen, welche, glaube ich, ohne weiteres Sie, m. H., zu der passendsten Art des Vorgehens veranlassen wird.

> „Was die Kolossalbüste meines Mannes betrifft, so kann weder mein Sohn noch ich selbst dieselbe verwenden. Sie ist auf die Fernwirkung berechnet und hat meinem Gefühl nach ihren Zweck erfüllt bei jener unvergeßlichen Feier in der Singakademie, bei welcher sie so großartig wirkte und in so edler Umgebung aufgestellt war, so daß meinem Gefühl nach sie herabsteigen würde, wenn sie irgendwo, vielleicht halb lästig, ein Unterkommen fände. Ich würde deshalb ihre Vernichtung am pietätvollsten halten, zumal die schöne Büste meines Mannes in Lebensgröße in Marmor und in Gips vorhanden ist."

Ich kann Ihnen nur empfehlen, dieser Anschauung zu folgen und sich einverstanden zu erklären, daß die Büste einfach vernichtet wird.

Herr Prof. Rudeloff: M. H., auf Wunsch des Vorsitzenden der Kommission für die Untersuchung von Nickel-Eisen-Legierungen, Herrn Geheimrat Wedding, sehe ich mich genötigt, Ihre Aufmerksamkeit vor Eintritt in die Tagesordnung für einen kurzen Bericht über den Stand der genannten Untersuchungen in Anspruch zu nehmen.

Wie Ihnen vielleicht aus meinen Berichten in den Vereinsverhandlungen bekannt ist, sind bisher zum Abschluß gebracht die Versuche:

a) mit reinem Nickel,
b) mit Legierungen aus möglichst reinem Eisen und wechselndem Nickelgehalt,
c) mit Nickel-Eisen-Kohlenstoff-Legierungen.

Die genannten Materialien sind sowohl als Guß als auch durch Schmieden und Walzen mechanisch bearbeitet und dann zum Teil geglüht, zum Teil ungeglüht untersucht.

Die vierte Versuchsreihe betreffend Legierungen aus Eisen-Kohlenstoff-Nickel-Mangan ist in Ausführung begriffen. Sie umfaßt Versuche mit Nickel-Eisen-Mangan und Nickel-Eisen-Kohlenstoff-Mangan, wobei sowohl der Nickelgehalt als auch der Kohlenstoffgehalt und der Mangangehalt wechselt. Insgesamt liegen für diese Reihe 60 Blöcke von verschiedener Zusammensetzung vor. Die Untersuchung sämtlicher Blöcke im gegossenen Zustande ist abgeschlossen. Hierbei erwiesen sich 16 Blöcke als so hart, daß sie selbst mit Spezialwerkzeugen nicht zerlegt werden konnten. 6 dieser Blöcke konnten durch Ausglühen bearbeitbar gemacht werden, während bei den 10 anderen alle Versuche, das Material weich zu machen, fehlschlugen. Bei letzteren mußte daher von der Prüfung im gegossenen Zustande gänzlich Abstand genommen werden. Beim Ausschmieden und Auswalzen der 60 Blöcke zerfielen drei Stücke, so daß zur weiteren Prüfung nur noch Material von 57 Blöcken zur Verfügung blieb.

Die Prüfung dieser Blöcke in dem Zustand, wie sie von den Walzen kamen, ist, soweit Bearbeitung überhaupt möglich war, nahezu beendet. Einige Eisen-Mangan-Blöcke sind auch nach dem Auswalzen so hart, daß es nicht möglich war, Probestücke daraus herzustellen, obgleich alle möglichen Versuche gemacht sind, die Bearbeitung zu bewirken. Einzelne Probestücke von nur 100 mm Länge erforderten je 3 Tage zum Abdrehen. Sie sehen hieraus die Schwierigkeiten, welche der schnellen Durchführung der Versuche entgegenstehen. Rückständig sind noch die Versuche mit dem mechanisch bearbeiteten und dann ausgeglühten bezw. abgeschreckten Material.

Aus der Literatur ist bekannt, daß das Glühen und Abschrecken je nach der chemischen Zusammensetzung des Materials zweckmäßig bei verschiedenen Wärmegraden vorgenommen wird. Um den vollen Erfolg, welcher in der Hauptsache von der Umlagerung des Kohlenstoffs abhängt, zu erzielen und festzustellen, welche Temperaturen bei den vorliegenden Legierungen für das Glühen und Abschrecken in Frage kommen, mußten zunächst sogenannte Haltepunktsbestimmungen ausgeführt werden. Sie beruhen kurz darauf, daß die Proben entweder langsam erhitzt oder vom hocherhitzten Zustande langsam abgekühlt werden, wobei sich die sog. Haltepunkte in Stockung der Wärmezunahme und Wärmeabnahme bemerkbar machen. Die Haltepunktsbestimmungen sind abgeschlossen. Die Glüh- und Abschreckungsversuche werden voraussichtlich bis Ende dieses Jahres ausgeführt werden können.

Die chemische Untersuchung der bei der Firma Basse & Selve ausgeführten Güsse aus Nickel-Eisen-Kohlenstoff-Mangan hat ergeben, daß der fertige Guß in seiner chemischen Zusammensetzung ganz erheblich von derjenigen Zusammensetzung abweicht, welche man durch den Tiegeleinsatz anstrebte. Insbesondere ist der Kohlenstoffgehalt und Mangangehalt durch das Schmelzen verändert worden.

Die Kommission für die Untersuchung der Nickel-Eisen-Legierungen ist nun dahin schlüssig geworden, daß die gewünschten Legierungen mit hohem Mangangehalt durch Gießen in Tiegeln, wie es bisher üblich war, sich nicht erzielen lassen. Sie hat da-

Digitized by Google

her zur Fortsetzung der Untersuchungen zunächst 12 Blöcke mit verschiedenem Mangan- und Nickelgehalt von der Firma Krupp bezogen. Die Bearbeitung dieser Blöcke ist eingeleitet und wahrscheinlich werden diese Versuche Anfang des nächsten Jahres zum Abschluß gebracht werden können.

Neben den erwähnten Festigkeitsuntersuchungen gelangen in der metallographischen Abteilung des Materialprüfungsamtes Untersuchungen über das Kleingefüge zur Ausführung. Die erste Reihe betreffend den Einfluß des Kohlenstoffgehaltes auf das Kleingefüge von Eisen ist abgeschlossen. Die Ergebnisse darüber liegen in dem Bericht des Herrn Prof. Heyn vor und werden demnächst in den Verhandlungen erscheinen.

Vorsitzender: Ich spreche Herrn Prof. Rudeloff den besten Dank für diese interessanten Mitteilungen aus.

Technische Tagesordnung.

Führung und Erläuterung der ständigen Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt.

Herr Geheimer Regierungsrat Prof. K. Hartmann: Sehr geehrte Herren! Im Namen der Verwaltung der Ständigen Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt habe ich die Ehre, Sie zu begrüßen und Ihnen zu danken, daß Sie den weiten Weg nicht gescheut haben, um unser Museum zu besuchen.

Die Ständige Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt ist vom Deutschen Reich errichtet worden und untersteht dem Reichsamt des Innern. Es sind schon vor Jahren in einer Reihe von Städten, so besonders in Zürich, Wien, Amsterdam und zuletzt in München solche gewerbehygienische Museen eingerichtet worden, die wie das unsrige den Zweck haben, bewährte, in der Praxis erprobte Einrichtungen des Arbeiterschutzes und der Arbeiterwohlfahrt einem größeren Publikum zu zeigen. Diese anderen Ausstellungen bewegen sich aber in kleinem Rahmen, sie sind mit verhältnismäßig wenig Mitteln eingerichtet und enthalten zum großen Teil nur Modelle und Zeichnungen.

Der Wunsch, auch hier in Berlin ein solches Museum zu besitzen, ist schon alt. Das Reichs-Versicherungsamt hat vor Jahren bereits wiederholt angeregt, eine solche Ausstellung zu schaffen. Als auch der Reichstag wiederholt diesen Wunsch äußerte, wurde ihm Folge gegeben und es wurden ziemlich bedeutende Mittel zur Verfügung gestellt. Die Ausstellungsanlage hat einen Kostenaufwand von über eine Million Mark erfordert. Die jährliche Verwaltung kostet etwa 50 000 ℳ. Wie Sie, m. H., sehen werden, umfaßt die Ausstellung verschiedene Abteilungen, eine Abteilung für Unfallverhütung, eine für Arbeitshygiene und eine für Arbeiterwohlfahrt. Dann sind noch zwei kleinere Museen angegliedert, ein Museum, das speziell die Tuberkulose-Bekämpfung zum Gegenstand hat und von dem Internationalen Bureau zur Tuberkulose-Bekämpfung in dem Vordergebäude installiert worden ist, und ein kleines Museum, welches Gegenstände enthält, die der Verein zur Bekämpfung des Alkoholmißbrauchs zusammengestellt hat. Im Vordergebäude befindet sich noch eine Bibliothek und ein Lesezimmer. Ferner ist auf dem Ausstellungsgelände eine Unfallstation errichtet worden,

welche Tag und Nacht in Betrieb ist und den Zweck hat, für die Umgebung, namentlich für die in der Nähe befindlichen Fabriken, rasche ärztliche Hilfe bereitzuhalten.

Über die Notwendigkeit, zweckmäßige Einrichtungen des Arbeiterschutzes weiteren Kreisen zugänglich zu machen, kann man sehr viel sagen, mit Rücksicht auf die mir zur Verfügung stehende Zeit möchte ich mich aber auf ein paar Andeutungen beschränken. Die Notwendigkeit der Unfallverhütung und der Arbeitshygiene läßt sich nicht mehr bestreiten. Man kann allerdings nicht genaue Zahlen angeben, wie viel Unfälle jedes Jahr eintreten und wie viel Fälle von Krankheiten, die auf die Arbeit zurückzuführen sind. Aber man kann einen gewissen Anhalt dafür finden in dem Material, welches durch die Unfallversicherung und durch die Invalidenversicherung gegeben ist. Ich möchte, um den Herren, die der Materie fernstehen, einen Begriff von den Zahlen zu geben, die hier in Betracht kommen, mitteilen, daß im vorigen Jahre 130 661 Unfälle zum ersten Male nach den Bestimmungen der Unfallversicherungsgesetze entschädigt worden sind, also Unfälle, die bei der Arbeit entstanden sind, versicherte Personen betroffen haben, und die anderseits die Erwerbsfähigkeit länger als ein Vierteljahr verminderte. Es sind das also Unfälle, die immerhin als schwer zu bezeichnen sind.

Im vorigen Jahre haben 903 160 Personen im Deutschen Reiche Entschädigungen nach Maßgabe der Unfallversicherungsgesetze erhalten und es wurden an Entschädigungen gezahlt über 118 Millionen Mark. Ähnlich große Zahlen haben wir bei der Invalidenversicherung. Die Zahl der Personen, die im vorigen Jahre Invalidenrente erhalten haben, beträgt über 600 000 und bezahlt sind etwa 95 Millionen Mark worden. Ein großer Teil der Invaliditätsfälle ist sicher auf Erkrankungen zurückzuführen, die durch schädliche Einwirkungen bei der Arbeit hervorgerufen oder in ihrem Entstehen begünstigt und in ihrem Verlauf verschlechtert worden sind. Wir können also wohl aus diesen Zahlen schließen, daß der wirtschaftliche Schaden, der durch Unfälle und durch Erkrankungen an Gewerbkrankheiten entsteht, ein ganz bedeutender ist. Wenn es also gelingt, einen Teil, und wäre es auch nur ein kleiner, dieser Unfälle und Erkrankungen zu verhüten, dann würde jedenfalls, ganz abgesehen von allen menschlichen Motiven, ein bedeutender wirtschaftlicher Nutzen erreicht werden. Nun lehrt die Erfahrung und das Studium des Herganges und der Ursache der Unfälle und Erkrankungen, daß immerhin ein ganz beträchtlicher Teil an und für sich vermeidbar ist. Man kann bei den Unfällen sagen, der dritte Teil ist durch technische Maßnahmen vermeidbar, also nicht dadurch, daß der Arbeiter in seinem Verhalten sich bessert, aufmerksamer, achtsamer wird, sondern lediglich durch Maßnahmen, die auf dem Gebiete der Technik der Unfallverhütung liegen und die also auch geschaffen werden können. Man wird allerdings niemals dazu kommen, einen großen Teil der Unfälle zu verhüten; es werden immer noch eine Menge von solchen entstehen und manche Unfallverhütungseinrichtungen werden ihren Zweck nicht erreichen oder überhaupt nicht angewendet werden. Es ist also nur darauf zu rechnen, daß ein verhältnismäßig kleiner Teil Unfälle tatsächlich verhütet werden kann; aber wenn es auch nur der sechste Teil von diesen 130 000 Fällen wäre, so wäre das ein Erfolg von großer Bedeutung in menschenfreundlicher und wirtschaftlicher Hinsicht.

Digitized by Google

Wenn man über die Notwendigkeit der Unfallverhütung und Arbeitshygiene nicht streiten kann, so kann man es wohl über die Zweckmäßigkeit tun, und es ist bekannt, daß in weiten Kreisen die Meinung vertreten wird, daß es wenig Wert und Zweck habe, kostspielige Einrichtungen zu treffen, um Unfälle und gewerbliche Krankheiten zu verhüten. Selbst in technischen Kreisen, die ein größeres Verständnis für die Sache haben sollten, wird diese Meinung häufig ausgesprochen. Daß sie nicht richtig ist, daß man im Gegenteil und zwar als Techniker ganz besonders erklären muß, es sind durch technische Einrichtungen viele von diesen Fällen vermeidbar, das lehrt das Studium der Unfallverhütungstechnik und der Gewerbehygiene. Dieses Studium erfordert aber die Kenntnisnahme zweckmäßiger Einrichtungen und deshalb ist es notwendig und zweckmäßig, in einem Museum zweckdienliche Vorkehrungen zu sammeln, die der Unfallverhütung und der Arbeitshygiene dienen, und sie weiteren Kreisen in verständlicher Form vorzuführen.

Wir sind uns allerdings bewußt, daß vieles von dem, was wir hier ausgestellt haben, durchaus noch nicht allen Wünschen entspricht. Im Gegenteil, sehr vieles ist verbesserungsfähig; aber das ist bei jedem Gebiet der Technik der Fall, und man muß sich daran erinnern, daß das Feld der Unfallverhütungstechnik erst seit wenigen Jahren bearbeitet wird, so daß nicht alles schon so vollkommen sein kann, wie es zur erfolgreichen Bekämpfung der Arbeitsgefahren gefordert werden muß. Die Verwaltung des Museums ist daher dankbar, wenn ihr möglichst viele Verbesserungsvorschläge gemacht werden, und wenn wir dadurch in die Lage kommen, das, was hier ausgestellt wird, immer auf der Höhe zu halten.

Die Gegenstände, die hier vorgeführt sind, sind von Fabriken oder von Betriebsunternehmern, die solche Objekte benutzen, ausgestellt und zwar unter dem Vorbehalt, daß sie jederzeit entfernt werden müssen, wenn die Verwaltung oder der Beirat, welcher der Verwaltung zur Seite steht, der Ansicht ist, daß der betreffende Gegenstand nicht mehr zeitgemäß ist. Es wird darauf gehalten, daß immer nur das neueste, das beste ausgestellt ist.

Die Maschinen sind meist betriebsfähig ausgestellt, so daß die Wirkung der Einrichtungen zur Unfallverhütung leichter erkannt werden kann, als es durch Modelle möglich ist. Ich habe hierzu für nahezu 100 Maschinen der verschiedensten Industriezweige elektrischen Antrieb eingerichtet. Viele Sicherheitsvorkehrungen ließen sich, schon in Hinsicht auf den verfügbaren Platz, nur durch Modell, Zeichnung oder Photographie vorführen.

Da der Rundgang durch die Ausstellung immerhin etwa 1½ Stunden in Anspruch nimmt, so möchte ich das, was ich noch zu sagen habe, bei Gelegenheit der Betrachtung der einzelnen Objekte mitteilen. Ich möchte nun bitten, mir jetzt durch die Ausstellung zu folgen.

Hierauf wurde der Rundgang durch die Ausstellung angetreten, wobei Geheimrat Hartmann die einzelnen Gruppen erläuterte. Hierbei wurde auch bemerkt, daß die Schutzvorrichtungen zum leichteren Verständnis mit roter, die Einrichtungen zur Beseitigung gesundheitsschädlichen Staubes mit blauer Farbe gekennzeichnet sind. Die Ausstellungsgegenstände wurden, soweit es möglich war, in Tätigkeit vorgeführt.

Der Rundgang führte zunächst durch die Unfallverhütungsabteilung, in welcher besonders die Sicherungsvorrichtungen an Dampfkesseln, Kraftmaschinen, Transmissionen, Hebemaschinen, Transportvorrichtungen besichtigt wurden, ferner Einrichtungen zur Verhütung von Unfällen in Bergwerken, in Steinbrüchen, bei Bauten, dann Sicherheitsvorkehrungen der chemischen Industrie, Ziegelei, Brauerei, an den Maschinen der Textil- und Bekleidungsindustrie, der Metall-, Holz-, Papier-, Tuch-, Fleischverarbeitung, Staubabsaugungsvorrichtungen bei Schleifmaschinen und Holzbearbeitungsmaschinen. Die Besucher wurden weiter vorübergeführt an Sicherheitseinrichtungen für Winden und Fahrstühle. Die Landwirtschaft, die mit einer verhältnismäßig hohen Unfallziffer belastet ist, ist vertreten mit Sicherungen bei den gefahrdrohenden Dresch-, Futterschneide-, Rübenschneide- und Göpelmaschinen. Auch die sinnreichen Hilfsmittel des Schutzes der Schiffahrt sind von der See-Berufsgenossenschaft ausgestellt, darunter Einrichtungen zum raschen Abschließen der Schottverschlüsse, ferner Rettungsboote und andere Rettungsmittel.

Es wurden auch die Gegenstände der persönlichen Ausrüstung der Arbeiter, wie Schutzanzüge, Schutzmasken, Schutzbrillen, Respiratoren gezeigt. Hierauf wurde die Abteilung für Gewerbehygiene mit ihren Darstellungen der Gesundheitsgefahren und der Mittel zur Bekämpfung der letzteren besichtigt und schließlich die Abteilung für Arbeiterwohlfahrt mit den Darstellungen der verschiedensten Wohlfahrtseinrichtungen, Arbeiterwohnungen, der Arbeiterernährung usw. in Augenschein genommen.

Vorsitzender: M. H., wir können Herrn Geheimrat Hartmann nur dankbar sein, daß er uns in dieses Haus und auf dieses Feld geführt hat, das für unseren Verein und seine Bestrebungen ja vom höchsten Interesse ist; denn was kann die Förderung des Gewerbfleißes, die unser Verein auf seine Fahne geschrieben hat, mehr unterstützen, als eine warmherzige Fürsorge für Leben und Gesundheit des treuen und tüchtigen Arbeiters, dessen Hand ausführt, was Genie und Fleiß der leitenden Männer ersinnen und vorschreiben. Ich bedaure, daß die Zeit nicht ausreicht, um alles eingehender zu betrachten; aber ich denke, ein wesentlicher Erfolg unseres heutigen Abends wird der sein, daß er Anregung gibt, diese Stätte recht oft noch zu betreten und im einzelnen zu besichtigen. Mit dem Wunsche, daß das geschehen möge, danke ich Herrn Geheimrat Hartmann für seine lehrreiche Führung und zugleich der Verwaltung dieses Hauses für die freundliche Aufnahme, die uns geworden.

Druck von Leonhard Simion NF. in Berlin SW.

Bericht über die Sitzung vom 7. November 1904.

Vorsitzender: Unterstaatssekretär Fleck.

Sitzungsbericht:

Die Niederschrift vom 3. Oktober wird genehmigt.

Aufgenommene Mitglieder:

Königliche Bergakademie zu Clausthal und Metallwarenfabrik vormals F. R. Zickerick in Wolfenbüttel.

Angemeldete Mitglieder:

Herr Chemiker Hugo Niedenführ aus Berlin, Herr Ingenieur Julius Fels aus Berlin, Herr Chemiker Johannes Hirsch aus Berlin und Herr Ingenieur Carl Mill aus Charlottenburg.

Mitteilungen des Vorstandes:

Vorsitzender: M. H., ich habe zunächst die betrübende Mitteilung zu machen von dem schmerzlichen Verlust, den unser Verein durch das Hinscheiden zweier um die Bestrebungen des Vereins hochverdienter Männer erlitten hat. Am 8. Oktober d. J. starb in Dresden der Königlich Sächsische Geheime Rat Prof. Dr. Clemens Winkler. Er gehörte unserem Vereine mehr als 25 Jahre und dem Technischen Ausschuß seit 1896 an. Er war Inhaber unserer goldenen Medaille wegen seiner hervorragenden Verdienste um die Ausbildung der Gasanalyse. — Vor wenigen Tagen, am 5. November, verschied hier der Stadtschulrat Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. Bertram, Mitglied unseres Vereins seit 1884, des Technischen Ausschusses seit 1895, an dessen Arbeiten er bis in die neueste Zeit regen persönlichen Anteil trotz seines hohen Alters von 79 Jahren genommen hat; hochverdient um das gewerbliche Schulwesen unserer Stadt. Am Mittwoch, übermorgen, um 12 Uhr wird im Rathause eine Trauerfeier für diesen verdienstvollen Mann stattfinden. Der Verein wird beiden angesehenen und hochverdienten Mitgliedern ein treues und dankbares Andenken bewahren.

Ich habe nun über die Verleihung der Seydlitz-Stipendien für das Jahr vom 1. Oktober 1903 bis 1904 zu berichten.

Seit meinem letzten Berichte (Jahrgang 1903 Seite 249 der Vereinsverhandlungen) sind von den beim Beginne des Lehrgangs an der Königlichen Technischen Hochschule am 1. Oktober 1903 in dem Genusse eines Stipendiums befindlichen 21 Studierenden nach Vollendung ihrer Studien ausgeschieden: 1. Dittmar, 2. Ehrenberg, 3. Rohde, 4. Schmidt, 5. Schimrigk, 6. Siemens, 7. Walter.

Nach dem Stande der Kasse konnten 6 Stipendien neu vergeben werden.

Auf die am 1. April d. J. erlassene öffentliche Ausschreibung zur Konkurrenz meldeten sich 12 Bewerber, von denen den Bestimmungen des Stifters gemäß die Herren Vorsteher der Abteilungen des Vereins in der am 20. Juni d. J. abgehaltenen Sitzung die geeignet befundenen Kandidaten zur Wahl präsentierten.

Mit Rücksicht auf die vom Stifter gestellten Bedingungen, insbesondere auch dessen Bestimmung, daß seine Absicht, durch das Stipendium Söhne aus den höheren Ständen von den sogenannten Brotwissenschaften ab und dem Betriebe technisch-bürgerlicher Gewerbe zuzuwenden, vor allem berücksichtigt werden solle, fiel die Wahl auf:

1. Kurt Hoefer aus Berlin. Der Vater war Verlagsbuchhändler.
2. Paul Hosemann aus Berlin. Der Vater war Kaufmann.
3. Wilhelm Neumann aus Neu-Ruppin. Der Vater war Gymnasial-Oberlehrer.
4. Rudolf Roesler aus Breslau. Der Vater war Kaufmann und Fabrikbesitzer.
5. George Schneider aus Königsberg i. Pr. Der Vater war Universitäts-Professor in Königsberg.
6. Otto Spiess aus Küstrin. Der Vater war Schloßpfarrer in Küstrin.

Von allen eben Genannten sind die Väter schon verstorben.

Die Stipendien sind nunmehr wie folgt verteilt:

1. Hans Bender aus Köln a. Rh., Maschinenbau, 5 Semester.
2. Wolfgang Freiherr von Buddenbrock aus Bischdorf in Schlesien, Elektrotechnik, 5 Semester.
3. Kurt Erler aus Sprottau, Schiffsmaschinenbau, 4 Semester.
4. Hugo von Falkenhayn aus Küstrin, Elektrotechnik, 7 Semester.
5. Wilhelm Fritze aus Ragow bei Beeskow, Maschinenbau, 7 Semester.
6. Karl Grulich aus Halle a. S., Maschinenbau, 5 Semester.
7. Walter Hirt aus Berlin, Chemie, 4 Semester.
8. Kurt Hoefer aus Berlin, Maschinenbau, 1 Semester.
9. Paul Hosemann aus Berlin, Schiffbau, 7 Semester.
10. Georg Karrass aus Frankfurt a. M., Maschinenbau, 5 Semester.
11. Erich Lampe aus Straelen, Kreis Geldern, Chemie, 4 Semester.
12. Herbert Lehmann aus Berlin, Hüttenfach, 7 Semester.
13. Georg Mitzlaff aus Rudolstadt, Schiffsmaschinenbau, 5 Semester.
14. Wilhelm Neumann aus Neuruppin, Hüttenfach, 3 Semester.
15. Max von Nickisch-Roseneck aus Biebrich, Elektrotechnik, 7 Semester.
16. Arthur Partzschfeld aus Chemnitz i. S., Maschinenbau, 5 Semester.
17. Rudolf Roesler aus Breslau, Maschinenbau, 7 Semester.
18. Ernst Schneider aus Berlin, Maschinenbau, 7 Semester.
19. George Schneider aus Königsberg, i. P., Maschinenbau, 7 Semester.
20. Otto Spiess aus Küstrin, Maschinenbau, 3 Semester.

Von unserem Rendanten ist mir der Abschluſs der Kasse für das dritte Quartal sowohl des Vereins wie der Seydlitz-Stiftung zugegangen. Die Einnahme hat bestanden einschließlich des Bestandes vom 30. 6. 04 in der Kasse des Vereins aus 17 307,91 ℳ und die Ausgabe aus 7776,39 ℳ, sodaß ein Bestand am 30. September von 9531,52 ℳ verblieb. Die Kasse der Seydlitz-Stiftung schließt ab in Einnahme einschließlich des Bestandes vom 30. 6. 04 mit 11 334.41 ℳ, in Ausgabe mit 2564,60 ℳ, gibt einen Bestand am 30. September von 8769,81 ℳ.

An Drucksachen sind eingegangen und werden vom Technischen Ausschuß vorgelegt: 1. Programm der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin für das Studienjahr 1904/5 in 2 Exemplaren; 2. Programm für das Studienjahr 1904/5 der Königlichen Technischen Hochschule zu Danzig; 3. Bericht über die Tätigkeit der Geologischen Landesanstalt und Bergakademie in Berlin im Jahre 1903, sowie der Arbeitsplan für das Jahr 1904; 4. Bericht über die 24. ordentliche Hauptversammlung des Vereins deutscher Fabriken feuerfester Produkte, Berlin, den 23. 2. 1904; 5. Bericht der Bremischen Gewerbekammer über ihre Tätigkeit in der Zeit von Anfang Mai 1903 bis dahin 1904; 6. Jahresbericht der Handelskammer für den Kreis Essen 1903, Teil II; 7. Jahresbericht für 1903 der Handelskammer Graudenz; 8. Jahresbericht der Handelskammer in Limburg a. d. Lahn für 1903; 9. Berichte über den Stand und die Leistungen des Gewerbevereins für Nassau im Vereinsjahr 1903/4; 10. Société industrielle de Mulhouse, Programm de prix à décerner en 1905 und Bulletins de 24. Mai 1904; 11. Bergischer Dampfkessel-Überwachungs-Verein, 31. Geschäftsbericht 1903; 12. Die finanzielle Lage der gewerblichen Unterrichtsanstalten pro 1901/2, von der Großherzoglichen Zentralstelle für die Gewerbe, Darmstadt 1903; 13. Jahresbericht des Vereins für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund für das Jahr 1903, II. (Statistischer) Teil, Essen 1904; 14. Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, insbesondere aus den Laboratorien der technischen Hochschulen, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 1 und Heft 12, Berlin 1901 und 1904, 2 Hefte; 15. Das gewerbliche Schulwesen im ehemaligen Königreich Hannover, Geschichte und Kritik von H. Bessell, Leipzig 1904; 16. Die ersten 25 Jahre des Elektrotechnischen Vereins, 1879—1904; 17. Das Königl. Materialprüfungsamt von Martens und Guth.

An Dissertationen von der hiesigen Technischen Hochschule liegen vor: 1. Regulierung von Gasmaschinen von Diplom-Ing. G. Stauber; 2. Vergleich zwischen den verschiedenen Betriebsarten von Schleusenanlagen von Diplom-Ing. Willy Giller; 3. Über Schwerlast-Drehkrane im Werft- und Hafenverkehr von Diplom-Ing. Eugen Schürmann; 4. Über die Konstitution der Dibromphtalsäure, über einige Derivate der 4. 5 Dibromphtalsäure, von Diplom-Ing. Oswald Brück; 5. Über die bei elektrischen Anlagen an Bord von Schiffen zu verwendende Stromart, von Diplom-Ing. Conrad Arldt aus Dresden; 6. Untersuchungen an den Gaserzeugern der Tiegelgußstahlfabrik „Poldihütte“ zu Kladno in Böhmen, von Diplom-Ing. Karl Wendt.

Digitized by Google

Herr Geheimer Regierungsrat Prof. Martens-Groß-Lichterfelde: M. H., im Namen des Vorstandes des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik habe ich ein Rundschreiben auch an den Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes gerichtet, welcher Mitglied des Verbandes ist. Das Rundschreiben lautet:

> Der Vorstand des Verbandes hat beschlossen, den Eröffnungstag des im nächsten Jahre abzuhaltenden IV. Kongresses in Erinnerung an die vor 20 Jahren erfolgte erste Einberufung einer internationalen Konferenz durch Bauschinger zu einer Gedächtnisfeier auszugestalten, die von diesem Begründer der modernen Materialforschung ausgehend, jenen großen Forschern aller Länder gelten soll, die wie er, wie Knut Styffe, wie Schoulatschenko und andere an der Gründung des Verbandes mitgewirkt haben und leider nicht mehr unter den Lebenden weilen.
>
> Um nun dieser Gedächtnisfeier, die dem IV. Kongreß ihre Weihe geben soll einen dauernden würdigen Ausdruck zu verleihen, hat der Vorstand weiter beschlossen, auf dem Kongreß eine Sammlung von Einzelarbeiten aus der Feder der bedeutendsten Forscher der Materialprüfung aller Länder als Festschrift herauszugeben.
>
> Diese Sammlung soll gleichsam eine Huldigung sein, welche die Männer der Materialforschung dem Andenken ihrer großen Vorgänger darbringen, zugleich ein stolzes Dokument der wissenschaftlichen Bedeutung, welche dieser junge Wissenszweig heute in allen Ländern erlangt hat.
>
> Im Namen des Vorstandes bitte ich die deutschen Mitglieder des Internationalen Verbandes, das Vorhaben des Vorstandes in solcher Weise zu unterstützen, daß Deutschland hinter dem Auslande bei der Ehrung seines hochverdienten Landsmannes nicht zurückstehen möge. Ich bitte, mir bald die beabsichtigten Beiträge anzuzeigen, damit ich in der nächsten Vorstandssitzung einen Überblick über die angesammelten Beiträge geben kann.

Ich habe diese Bitte hier zu wiederholen und ersuche diejenigen Herren, die beabsichtigen, einen Beitrag zu liefern, ihn mir noch im Laufe dieses Jahres oder Anfang nächsten Jahres zur Verfügung stellen zu wollen.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: M. H., ich möchte den Antrag des Herrn Martens lebhaft unterstützen. Herr Bauschinger ist nicht nur der Gründer des Internationalen Verbandes, sondern auch ein hervorragender Mann für unseren deutschen Gewerbfleiß dadurch geworden, daß er die Materialprüfung für die Technik nutzbar gemacht hat. Ich möchte indessen nicht versäumen, zu bitten, gleichzeitig auch eines noch Lebenden zu gedenken und auch ihn aufzufordern zu dem geplanten Werke beizutragen; das ist der frühere Direktor der Reichseisenbahnen, Herr Wöhler; er hat ein unendlich großes Verdienst gehabt, er hat aus der Materialprüfung eine Fabel ausgerottet, die lange Zeit die Fortschritte der Technik hinderte, nämlich die, daß das Eisen sein Gefüge verändern könne, ohne daß es über die Proportionalitätsgrenze hinaus beansprucht oder höheren Temperaturen ausgesetzt wird.

Digitized

Ich habe ferner den Auftrag, Ihnen ein ebenso schön ausgestattetes, als interessantes Werk vorzuführen. Es ist die hier ausliegende Schrift, die von den Herren Martens und Guth verfaßt ist und das neue Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde beschreibt. Sie ist mit zahlreichen Abbildungen ausgestattet und gibt ein vortreffliches Bild über den gegenwärtigen Stand der königlichen technischen Versuchsanstalten. Aber, m. H., gestatten Sie mir, als Ihrem alten Mitgliede, ein paar Worte hinzuzufügen, welche, wie ich hoffe, geeignet sein werden, ein leicht durch den sehr unvollständigen historischen Teil des vorliegenden Werkes entstehendes Mißverständnis zu verhüten. In diesem historischen Teile heißt es wörtlich:

„Im Jahre 1877 tauchte der von Dr. H. Wedding vertretene Plan auf, mit der königlichen Bergakademie in Berlin eine Versuchsanstalt für das preußische Eisenhüttenwesen zu verbinden. Dieser Plan wurde von Reuleaux und Spangenberg bekämpft, welche die Verbindung mit der Gewerbeakademie forderten."

M. H.! Für einen Unbefangenen muß das so aussehen, als wenn ich irgend eine unfruchtbare Idee gehabt hätte, welche natürlich zu keinem Erfolge führen konnte. Gestatten Sie mir deshalb, Ihnen, m. H., ein paar Worte in Erinnerung zu bringen, welche aus dem Jahre 1881 stammen und in unseren Sitzungsberichten veröffentlicht sind. Ich habe damals in einem historischen Überblick gesagt:

„Sie wissen, seit wie lange und mit welcher Liebe ich für diese Institution (der Versuchsanstalten) eingetreten bin, die ich im wahren Sinne des Wortes als mein Kind bezeichnen darf; wie ich trotz aller Widerstände, aller Angriffe nie den Mut verloren habe, das zu erreichen, was ich für zweckmäßig für unseren vaterländischen Gewerbfleiß hielt und halte."

„Es sind bereits 14 Jahre her, als ich zum ersten Mal hier im Verein die Anregung gab, eine allgemeine Versuchsanstalt einzurichten, in welcher und durch welche die deutsche Industrie Gelegenheit finden sollte, Fragen zu lösen, zu denen der Einzelne entweder nicht befähigt oder bemittelt genug war; eine Stätte, auf der unter staatlicher Aufsicht und wenigstens zum Teil mit Mitteln des Staates versucht und untersucht werden sollte, was der Allgemeinheit zu Gute kommen könnte. Es hatte mich damals, offen gesagt, dazu ein stiller Neid veranlaßt, daß namentlich im Eisenhüttenwesen alle großen Fortschritte nicht von Deutschland, sondern von England ausgingen. Nun, damals waren die Verhältnisse meinen Plänen nicht günstig; das Bedürfnis zur Errichtung einer solchen Anstalt schien den Industriellen nicht vorzuliegen, es war die Zeit ungeheuren Aufschwungs der Industrie auf allen Gebieten und in allen Zweigen, welcher 1873 seinen Gipfelpunkt erreichte. Meine Ideen fanden nicht den geringsten Anklang ... Doch meine Bestrebungen ließen nicht nach und seit 1873 wurde die Gegnerschaft schwächer; ich durfte meinem damaligen Chef dem Herrn Minister für Handel und öffentliche Arbeiten 1875 einen bezüglichen Plan vorlegen. Dieser Plan wurde auszugsweise veröffentlicht und der Industrie zur Beurteilung übergeben. Indessen die Urteile liefen noch jetzt so weit auseinander, daß der Minister keine Veranlassung finden konnte, auf den Gegenstand weiter einzugehen. Allmählich änderte sich indessen die Stimmung und erneute Anregungen von mir fanden um so mehr Anklang, als die von mir in Amerika 1876 gesammelten Erfahrungen den großen Nutzen

Digitized by Google

derartiger Einrichtungen bewiesen*). So wurde mir 1877 von neuem der Auftrag, ein Promemoria auszuarbeiten und demselben Pläne und Kostenanschläge für den Bau einer technischen Versuchsanstalt beizugeben."

„Von meinen ursprünglichen ausgedehnten Plänen war ich selber hinabgestiegen und es war nur noch mein Wunsch, eine Zentralversuchsanstalt mit Abteilungen für mechanische (Festigkeits-), chemische und physikalische Untersuchungen zu schaffen."

„Der Herr Minister berief nach Mitteilung meiner Pläne usw. und unter Zuziehung der Direktoren der technischen Lehranstalten, mit denen man das Institut am zweckmäßigsten verbinden zu müssen glaubte, eine Konferenz. Aber es wurde hier keine Einigkeit erzielt, jeder der Herren Direktoren wollte ein Stück für sich haben."

Indessen, m. H., die Sache kam doch zur Ausführung, die Versuchsanstalten traten ins Leben und begannen still ihre jugendliche Laufbahn.

Ich hatte die Verwaltung so gut wie allein zu führen. Es kam aber ein neues Hindernis ruhiger Entwickelung. Es wurden nämlich die Ministerien anders geordnet, das Ministerium für Handel und Gewerbe wurde von dem der öffentlichen Arbeiten getrennt und die technischen Unterrichtsanstalten gingen an das Kultusministerium über. Da konnte natürlich von einer einheitlichen Leitung derselben durch einen Beamten nur eines Ministeriums nicht mehr die Rede sein und es wurde deshalb, ebenfalls auf meine Anregung, eine Aufsichtskommission geschaffen, welche der Unterstaatssekretär Dr. von Möller als Vorsitzender leitete, während Geh. Oberbaurat Schwedler, Geh. Oberregierungsrat Wehrenpfennig und ich ihr als die drei die Ministerien vertretenden Mitglieder angehörten.

Nun, m. H., damals, als ich diese Verhältnisse hier vortrug, habe ich auch die Vorschriften, die ebenfalls von mir, natürlich unter Mithilfe der übrigen Mitglieder und Vorsteher, im Jahre 1880 ausgearbeitet waren, hier vorgetragen**). Die Grundlagen derselben gelten auch noch heute. Das Publikum zeigte anfangs trotz aller meiner Bemühungen ungemein wenig Interesse für die Anstalten und es wurde deshalb auf meinen Vorschlag eine Zeitschrift gegründet, welche 1883 ins Leben trat und die ich bis zum Jahre 1888 redigiert habe; sie führte und führt bis jetzt den Titel: „Mitteilungen aus den königlichen Versuchsanstalten". Ich schloß meine vorerwähnte Rede mit folgendem Satze:

> „Sie aber, m. H., bitte ich, daß jeder in seinem Kreise für ein hinreichendes Interesse der Industrie an diesen Anstalten wirke. Alles muß sich Bahn brechen, muß sich entwickeln. Zeigen sich Mängel, zeigen sich Übelstände, wird man gern bereit sein, abzuhelfen."

Gerade unser Verein hat diesen Anstalten immer hervorragende Teilnahme bewiesen und die bedeutendsten Aufgaben aus dem Gebiete der Technik sind von ihm, wiederum meistens auf meine Anregung gestellt worden. Ich glaube, m. H., ich brauche nicht weiter zu beweisen, daß meine Mitwirkung bei der Schaffung und Entwickelung

*) Auch diese Erfahrungen sind in unseren Verhandlungen veröffentlicht.

**) Sitzungsbericht v. 7. März 1881 S. 65. Die Vorschriften sind in den Verhandlungen abgedruckt.

Digitized by Google

dieser Anstalten doch nicht so unbedeutend gewesen ist, wie es aus der Geschichte in dem vorliegenden Werke erscheinen könnte. Nein, m. H., im Gegenteil dazu darf ich kühn behaupten, daß ich der einzige legitime Vater bin und von dieser Vaterschaft lasse ich mir kein Tipfelchen rauben, wäre auch bereit aus Akten und Druckschriften*) das Behauptete in jedem Punkte zu beweisen. Aber ich möchte zum Schluß noch eins anführen: Im Jahre 1884 trat Dr. Böhme von der Leitung der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, der er nach dem Tode Spangenbergs vorgestanden hatte, zurück und es fand sich eine große Zahl von Bewerbern für diese Stelle ein, unter ihnen Herr Ingenieur Martens; ich habe damals kein Bedenken getragen, ihn allein unter allen vorzuschlagen, und ich freue mich dessen; denn, m. H., wenn ich mir auch mein Verdienst an der Gründung und ersten Entwickelung der Anstalten nicht rauben lasse, so bin ich doch fern davon, mir irgend welches besondere Verdienst an der Weiterentwicklung zuzuschreiben. Diese ist im Gegenteil ganz das Verdienst der Vorsteher der Anstalten und niemand hat sich ein größeres darum erworben wie gerade Herr Geheimer Regierungsrat Martens, den wir heute dazu beglückwünschen können, daß er in Anerkennung dieser seiner Verdienste zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften ernannt worden ist. Ich hoffe, daß unter seiner ferneren Leitung die Anstalten immer weiter gedeihen und Nutzen für unseren deutschen Gewerbfleiß schaffen werden, nachdem endlich die Vereinigung aller Anstalten als kgl. Prüfungsamt erreicht ist, welche ich bereits vor 37 Jahren geplant hatte.

Herr Geh. Regierungsrat Prof. Hartmann: Als Ihr Vertreter habe ich die Ehre gehabt, der Sitzung des Vorstandsrates und des Ausschusses des Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München beizuwohnen. Das Museum ist im vorigen Jahre in einer Festsitzung gegründet worden, die unter dem Vorsitz Seiner Königlichen Hoheit des Prinzen Ludwig von Bayern am 28. Juni in München stattfand. Wie in den Satzungen bestimmt ist, hat das Museum den Zweck, die historische Entwickelung der naturwissenschaftlichen Forschung, der Industrie und der Technik in ihrer Wechselwirkung darzustellen und die wichtigsten Entwicklungsstufen an typischen Meisterwerken zu veranschaulichen. Um diesen Zweck zu erreichen, wurde zunächst eine weitverzweigte Organisation geschaffen. Es wurde ein Vorstand gewählt, der aus den drei Ihnen bekannten Herren Baurat Dr. ing. Oskar von Miller, Professor, Dr., Dr. ing. von Linde und Professor Dr. von Dyk besteht. Ferner wurde ein Vorstandsrat gebildet und es wurden der Reichskanzler und die Kgl. Bayerische Staatsregierung und mehrere Körperschaften ermächtigt, Mitglieder in den Vorstandsrat zu entsenden. Der Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes hat die Güte gehabt, mich als Vertreter zu bezeichnen. Ausserdem wurde ein Ausschuß gebildet, dem einige Hunderte von Mitgliedern zurzeit angehören.

Der Vorstand hat sich außerordentlich viel Mühe gegeben und ein großes Geschick entfaltet, um dieses bedeutungsvolle Unternehmen zu gründen und weiter auszugestalten. Er hat es auch verstanden, einen Stiftungsfonds zu sammeln, zu dem bis jetzt nahezu 400 000 Mk. gezeichnet worden sind, ferner sind ganz bedeutende

*) Unsere Verhandlungen, Stahl und Eisen, Iron and Steel, Glaser's Annalen usw.

Digitized by Google

Beträge als Jahresbeiträge gewonnen worden. Das Deutsche Reich hat für das Jahr 1904 einen Beitrag von 50 000 Mk. bewilligt und es wird gehofft, daß auch für die späteren Jahre ein Jahresbeitrag in derselben Höhe gewährt wird. Auch der bayerische Landtag hat je 50000 Mk. für zwei Jahre bewilligt, und es wird wohl auch dieser Beitrag in den künftigen Jahren gewährt werden. Viele Einzelpersonen, Körperschaften, Vereine haben ebenfalls erhebliche Beträge geliefert, sodaß also jetzt schon ziemlich große Summen vorhanden sind, um das Museum ins Leben zu rufen. Es sind aber weiter die Bestrebungen des Vorstandes ganz besonders dahin gegangen, Museumsgegenstände zu beschaffen, und dieses Bestreben ist, man kann es wohl nach den Berichten, die in den Sitzungen dem Vorstandsrat und dem Ausschuß erstattet worden sind, sagen, in hohem Maße bereits gelungen. Es sind außerordentlich interessante Objekte bereits gefunden und zur Verfügung gestellt worden. Um aber in diese Sammlung ein System zu bringen, wurde ein Gruppenverzeichnis aufgestellt, und es wurden hervorragende Sachverständige gewonnen, die nach diesem Verzeichnis Listen aufzustellen haben, welche angeben, welche Gegenstände für das Museum geeignet sind, wo die betreffenden wünschenswerten Stücke sich finden, ob sie in Originalform zu erhalten sind oder nur in Abbildungen oder Modellen. Ich erlaube mir, um Ihnen zu zeigen, mit welcher Sorgfalt diese Listen aufgestellt werden, Ihnen eine derselben vorzuführen, die speziell den Dampfmaschinenbau und den Dampfkesselbau betrifft. In der Sitzung des Vorstandsrates und in der darauf folgenden Sitzung des Ausschusses wurden Berichte erstattet (über diese Vorarbeiten), dann aber auch über das, was zunächst noch zu tun sei.

Die Gegenstände, die bereits beschafft sind oder die in der nächsten Zeit gewonnen werden, sollen zunächst Aufstellung finden in dem alten Gebäude des Nationalmuseums, das frei geworden ist (durch den Neubau eines Nationalmuseums). Es soll aber nachher ein eigenes Gebäude errichtet werden und es wurde in den Sitzungen der Plan dieses Gebäudes vorgelegt. Der Stadt-Magistrat von München hat für diesen Neubau ein Gelände kostenlos überlassen von nahezu 30 000 qm im Werte von über zwei Millionen Mark. Dieser Platz genügt, um Ausstellungsräume von doppeltem Umfang, wie des Konservatoire des Arts et Métiers in Paris oder die wissenschaftlich-technische Abteilung des Kensington-Museums in London zu errichten und außerdem ein Bibliothekgebäude für etwa eine Million Bücher und Pläne unterzubringen. Man hofft nun im Herbst nächsten Jahres so weit zu sein, daß dann das Museum zunächst in dem alten Nationalmuseum in München eröffnet werden kann.

Das Museum soll in erster Linie historische Originalmaschinen und Apparate aufnehmen, da, wo das nicht angängig oder möglich ist, sollen Meisterwerke in Zeichnung und Modell dargestellt werden; dabei wird ein Hauptwert darauf gelegt, die Objekte so zu gestalten, daß das Publikum in der Lage ist, die Form und Wirkungsweise deutlich zu erkennen, es sollen also auch die dazu sich eignenden Gegenstände möglichst in Bewegung gesetzt werden können. Daneben soll eine sehr umfangreiche Bibliothek, Urkunden- und Plansammlung geschaffen werden, die nicht nur Werke bedeutender Art enthalten soll, sondern auch Originalhandschriften über hervorragende Erfindungen und Forschungen. Der Verein ist gebeten worden, zu dieser Bibliothek

seine „Verhandlungen“ und „Sitzungsberichte“ kostenlos zur Verfügung zu stellen, und es ist das auch bereits bewilligt worden.

Daß es in München auch nicht an festlichen Unterbrechungen der beiden Sitzungstage gefehlt hat, das ist bei dem Charakter von München als Feststadt selbstverständlich. Ich möchte aber doch nicht unterlassen zu erwähnen, daß Vorstandsrat und Ausschuß eingeladen waren von Seiner Königlichen Hoheit dem Prinzen Ludwig nach dem Schloßgut Leutstetten, daß ferner der Stadt-Magistrat von Nürnberg zu einer Fahrt nach Nürnberg eingeladen hatte, um die dortigen interessanten Museen, das Germanische Museum, das Verkehrsmuseum, das Kunstgewerbe-Museum, sowie die großartigen Fabrikanlagen der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg zu besichtigen.

Ich möchte diese wenigen Ausführungen mit der Bitte schließen, daß Sie, meine Herren, soweit es Ihnen möglich ist, dem Museum Ihr Interesse zuwenden. Ich möchte mir gestatten, Formulare zur Anmeldung von Ausstellungsgegenständen auszulegen und ebenso auch Formulare für den Beitritt als Mitglied. Der Mitgliedsbeitrag ist verhältnismäßig gering, er beträgt 9 Mk. jährlich und den Mitgliedern ist natürlich die freie Benutzung des Museums dann gestattet. Es wird im Interesse der Förderung dieses bedeutsamen Unternehmens, das eine Ruhmeshalle deutschen Gewerbfleißes werden wird, sehr zu wünschen sein, daß recht viele von unseren Mitgliedern auch diesem Museum als Mitglied beitreten.

Vorsitzender: Wir haben den dankenswerten Mitteilungen entnommen, daß die Entwickelung des Museums, in dessen Vorstand uns ein ehrenvoller Platz eingeräumt ist, fortschreitet; ich teile ganz den Wunsch des Herrn Vorredners, daß es seinen Zweck vollauf erfüllen möge.

Herr Regierungsrat a. D. Stercken: Meine Herren, auf der Einladung, welche dem letzten Heft unserer Verhandlungen angeklebt war, ist ein Entwurf zu Bestimmungen für die Ausschreibung von Preis- und Honoraraufgaben abgedruckt, welcher an die Stelle der bisherigen Bestimmungen treten soll. Letztere sind nahezu so alt wie der Verein selbst. Es ist aber klar, daß dieselben nicht mehr den gegenwärtigen Zeitverhältnissen entsprechen; denn die Technik und die Gewerbe sind in dem letzten halben Jahrhundert so gewaltig fortgeschritten, daß dasjenige, was früher paßte, heutzutage absolut nicht mehr zeitgemäß ist. Wenn trotz dieser Einsicht der Verein nicht schon früher an eine Änderung oder an einen Ersatz der bisherigen Bestimmungen herangetreten ist, so geschah es lediglich aus Pietät vor alten Institutionen des Vereins.

Seitdem aber in neuerer Zeit die Beispiele sich mehren, daß auch in anderen Vereinen von der bisher üblichen Ausschreibung von Preisaufgaben abgegangen wird, hat sich auch unser Verein der Überzeugung nicht mehr verschließen können, daß eine Änderung von Grund aus notwendig ist, um den Anforderungen der Neuzeit zu entsprechen.

Es bedarf keines Nachweises, daß die bisherigen Bestimmungen große Nachteile haben. Dieselben liegen besonders darin, daß durch die jetzige Ausschreibung von Preis- und Honoraraufgaben auch Kräfte zu der Bewerbung verleitet werden, die von vornherein wegen mangelnder Befähigung eine Aussicht auf Erfolg gar nicht haben.

Die aufgewandte Arbeit ist natürlich sowohl für die betreffenden Personen wie auch für den Verein vollständig nutzlos. Selbst bei Bewerbern, welche den Aufgaben durchaus gewachsen sind, ist die Aussicht auf Erfolg eine sehr unsichere; denn hier gilt wie überall:

„Das Bessere ist der Feind des Guten",

und eine Arbeit, die noch so gut ist und den Anforderungen des Vereins noch so sehr entspricht, muß gegenüber einer noch besseren Arbeit zurückstehen. Gerade aus diesem Umstande sind dem Verein schon manche peinlichen Situationen erwachsen.

Ich möchte in dieser Beziehung nur an einen Fall erinnern, der Ende der neunziger Jahre spielte. Da hat der Verein ein Preisausschreiben betreffs Rohrbruchventile erlassen. Auf diese Ausschreibung sind 17 Bewerbungen eingegangen, welche zum Teil sehr umfangreich waren. Von diesen Bewerbungen entsprach aber streng genommen nicht eine einzige den Ansprüchen vollständig. Wenn trotzdem der Verein nach sehr langen Verhandlungen eine Verteilung des Preises vornahm, so geschah es nur, weil er sich in einer Zwangslage befand, aus welcher sich zu befreien, ohne die besten Bewerber allzusehr zu schädigen, kaum möglich gewesen ist. Die leer ausgegangenen Bewerbungen waren aber sowohl für den Verein wie für die betreffenden Bewerber vollständig nutzlos. Außerdem ist durch die Prüfung der 17, zum großen Teil sehr umfangreichen Arbeiten dem Verein eine so große Arbeitslast erwachsen, daß es sehr schwer hielt, dieselbe nach fast zweijähriger Prüfung zu erledigen.

Gerade dieser Fall hat den Beweis dafür geliefert, daß die bisherigen Bestimmungen nicht geändert, sondern durch ganz andere ersetzt werden müßten.

Derartigen nach jeder Richtung höchst unerquicklichen Verhältnissen soll der neue Entwurf, der Ihnen vorliegt, ein Ende bereiten.

Nach ihm soll die Stellung bestimmter Preisaufgaben im Technischen Ausschusse gesichtet und dem Verein zum Beschluß vorgelegt werden. Der Vereinsvorstand fordert dann öffentlich zur Beteiligung auf, wonach der Technische Ausschuß unter den Bewerbern eine Auswahl trifft. Von diesen fordert der Vereinsvorstand zunächst ein ausführliches Programm für ihre beabsichtigte Bewerbung ein und wählt dann nach dem Programm denjenigen Bewerber aus, welchem die Bearbeitung der Aufgabe übertragen werden soll. Der ausgesetzte Preis wird dem Bearbeiter zuerkannt, wenn die Arbeit den gestellten Anforderungen entspricht.

Durch diese Art der Preisausschreibung wird einerseits die freie Konkurrenz gewahrt und die Bewerbung wenig oder gar nicht geeigneter Kräfte verhindert, während andererseits der Verein nicht vor eine Arbeit gestellt wird, die er nur schwer erledigen kann.

Aus allen diesen Gründen empfiehlt Ihnen der Technische Ausschuß die Annahme des Entwurfs.

Vorsitzender: Meine Herren, der Entwurf ist abgedruckt auf der Rückseite der Einladung, die Ihnen zugegangen ist. Ich nehme an, daß Sie ihn gelesen und zur Hand haben. Da sich niemand zum Wort meldet, darf ich ohne weitere Abstimmung feststellen, daß der Verein dem Entwurf, wie er vom Technischen Ausschuß nach langen Beratungen Ihnen vorgelegt ist, zustimmt und den Antrag des Herrn Referenten annimmt.

Digitized

§ 1.

Vorschläge für wissenschaftliche Aufgaben und literarische Arbeiten, welche die Beförderung des Gewerbfleißes bezwecken und dem Vereine zugehen, werden vom Technischen Ausschusse gesichtet und dem Vereine vorgelegt.

§ 2.

Der Verein bestimmt die Aufgaben, welche gestellt werden sollen und beschließt über die Höhe der auszusetzenden Honorare.

§ 3.

Der Vorstand des Vereins fordert hierauf unter Festsetzung einer bestimmten Frist öffentlich zur Beteiligung an der Bewerbung auf, wonach der Technische Ausschuß unter den Bewerbern eine Auswahl trifft. Der Technische Ausschuß hat außerdem das Recht, ihm geeignet erscheinende Personen besonders zur Bewerbung aufzufordern.

§ 4.

Der Vorstand des Vereins fordert alsdann die vom Technischen Ausschusse vorgeschlagenen Bewerber auf, eine ausführliche Disposition einzureichen und den Zeitpunkt der beabsichtigten Fertigstellung der Arbeit anzugeben, weist im übrigen gleichzeitig darauf hin, daß er sich die endgültige Auswahl des Bewerbers ohne Angabe von Gründen vorbehalte.

§ 5.

Das ausgesetzte Honorar wird ausgezahlt, wenn die Arbeit rechtzeitig eingeht und den Ansprüchen des Technischen Ausschusses genügt. Die Arbeit wird durch Zahlung des Honorars Eigentum des Vereins.

Technische Tagesordnung.

1. Über die Berücksichtigung des Einflusses der Temperatur bei den Messungen in der Technik des Maschinenbaues.

Dr. A. Leman: M. H! Die Änderungen, welchen die Abmessungen aller Gegenstände bei den unter gewöhnlichen Umständen auftretenden Schwankungen der Temperatur unterliegen, sind glücklicherweise so klein, daß sie im täglichen Leben völlig unmerklich sind, für Handel und Verkehr noch ganz belanglos bleiben und erst bei Messungen im wissenschaftlichen Interesse, sowie in einzelnen ausgezeichneten Zweigen der Technik Bedeutung erlangen. Vor noch nicht allzulanger Zeit schenkte man ihnen so gut wie gar keine Bedeutung; das Gesetz v. J. 1816, welches das Maßwesen im preußischen Staate regeln sollte, enthielt ursprünglich gar keine Bestimmung darüber, bei welcher Temperatur der als Grundlage desselben neu herzustellende Stahlmaßstab die Länge von drei Fuß darstellen sollte, und Bessel, dem die Sorge für dessen

Digitized by Google

Ausführung übertragen worden war, wurde auf diesen Mangel erst bei den vorbereitenden Arbeiten hingeführt.

Unter jenen ausgezeichneten Zweigen der Technik nimmt der Maschinenbau die hervorragendste Stelle ein, aber auch hier wurde bis in die neueste Zeit der kleinen Veränderlichkeit nur in seltenen Fällen zielbewußt Rechnung getragen. Daß dabei in den für die Ausführung der Entwürfe erforderlichen Messungen keine erheblichen Fehler auftraten, findet seinen Grund zum Teil in dem älteren Arbeitsverfahren, welches jede Maschine als selbständig organisiertes Individuum behandelte und alle ihre Teile einzeln empirisch zu einander passend machte, zum anderen Teile aber auch in einem besonderen günstigen Umstande, welcher hier unbewußt gerade das Richtige treffen ließ und auf den ich später zu sprechen kommen werde.

Ernstlich hervorgetreten ist die Frage auf diesem Gebiete erst, als mit dem Übergang zu den modernen Arbeitsmethoden mit ihrer schematisierenden Anwendung von Lehren, Schablonen und verfeinerten Messmitteln die Ansprüche an Genauigkeit erheblich stiegen und Fehlergrössen Berücksichtigung erforderten, welche früher überhaupt nicht bemerkbar waren. Man sah sich dadurch genötigt, den Ursachen trotz aller Aufmerksamkeit doch noch immer wieder hervortretender, wenn auch verhältnismäßig kleiner Abweichungen nachzuforschen, erkannte als eine solche alsbald den Einfluß der Temperatur und suchte demselben durch geeignete Maßnahmen zu begegnen.

Es ist nicht zu verwundern, daß bei der verhältnismäßigen Neuheit der Sache die Vorstellungen über die Größe dieses Einflusses noch nicht völlig geklärt sind und darum sowohl Ueber- als Unterschätzungen desselben nicht selten vorkommen, wie ich an einigen Beispielen später zeigen werde. Eine höchst sonderbare Erscheinung aber ist es, daß eine Frage, wie die vorliegende, deren richtige, einwandfreie Lösung doch nur das Ergebnis einer einfachen logischen Schlußfolgerung sein kann und daher eigentlich geradezu auf der Hand liegt, unter eigenartiger Verkennung des Gesichtspunktes, unter welchem sie zu betrachten ist, zu Mißgriffen und Meinungsverschiedenheiten Veranlassung bieten konnte, welche auch jetzt noch nicht allgemein erkannt bezw. beigelegt sind.

Eine derartige Erscheinung muß natürlich einen besonderen, etwas verborgenen Grund haben, welchen aufzudecken, das Ziel der nächstfolgenden Erörterungen ist. Ich hoffe, es wird mir gelingen, den noch bestehenden Unklarheiten den Boden zu entziehen und in Ihnen die Überzeugung hervorzurufen, daß es nur eine einzige einwandfreie Beantwortung der Frage gibt. Der äußerst erwünschten allgemeinen Anerkennung derselben würde damit eine wertvolle Förderung zu Teil werden.

Da eine jede, von einem materiellen Körper getragene Länge in Folge der thermischen Ausdehnung des Materiales fortwährend mit der Temperatur veränderlich ist, so kann sie auch nur bei einer einzigen, bestimmten Temperatur ihrer Bezeichnung, oder was dasselbe ist, ihrem Nenn- oder Nominalwerte (z. B. 100 mm, 1 Zoll engl. usw.) genau entsprechen. Ist diese Temperatur bekannt und ebenso der Wert der thermischen Ausdehnung für das vorliegende Material, so ist damit auch die Länge für jede andere Temperatur unzweideutig bekannt. Umgekehrt ist zur ausreichenden Definition der Länge eines Körpers für eine beliebige Temperatur außer der Kenntnis der thermischen

Digitized by Google

Ausdehnung die bestimmte Angabe derjenigen Temperatur erforderlich, bei welcher die Länge ihrem Nennwerte entspricht. Die letztere Angabe kann natürlich auch ersetzt werden durch die Angabe desjenigen Betrages, um welchen die wahre Länge des Körpers bei irgend einer als Ausgangspunkt gewählten Temperatur von dem Nennwerte abweicht.

Hierin ist das Grundprinzip ausgesprochen, welches bei allen genauen Messungen für wissenschaftliche Zwecke zu befolgen ist und z. B. auch bei den Prüfungen aller Arten von Längenmaßen bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Anwendung gebracht wird. Ließe sich dasselbe ohne Weiteres auch auf die in der Technik mittels Lehren, Endmaßen, Kaliberbolzen u. dergl. Hilfsmitteln, sowie auch eingeteilten Maßstäben vorzunehmenden Messungen übertragen, so wäre damit jede Veranlassung zu Zweifeln und Meinungsverschiedenheiten ausgeschlossen. Es wäre dann nur erforderlich, daß ein jeder derartige Maßkörper außer dem Nennwert der von ihm getragenen Länge noch die Temperatur aufgestempelt trüge, bei welcher seine wahre Länge ihrem Nennwerte entspricht, und daß außerdem der Wert der dem Material eigenen thermischen Ausdehnung hinreichend zuverlässig bekannt wäre.

Die Zwecke aber, welche die Technik bei ihren hier in Betracht kommenden Messungen verfolgt, sind wesentlich von denen der Wissenschaft verschieden. Man hat in der Technik durchaus kein Interesse an der zahlenmäßigen Kenntnis der wahren Länge irgend einer zu messenden Größe, sondern will nur in einfachster Weise unter Vermeidung aller rechnerischen Operationen eine Kontrolle üben, ob sie unter den gewöhnlichen äußeren Verhältnissen, insbesondere also den dabei vorkommenden Temperaturen einem vorgeschriebenen Werte bis auf unwesentliche Abweichungen genügend gleichkommt. Unter diesem veränderten Gesichtspunkte tritt dann aber die Forderung auf, daß alle solchen Maßkörper, welche einerlei Nennwert besitzen, unter gleichen äusseren Umständen, d. h. insbesondere bei gleichen Temperaturen hinreichend nahe untereinander übereinstimmen müssen.

Dieser Forderung würde unschwer genügt werden können, wenn sie nicht durch die Frage beeinflußt würde, wie man sich von dem störenden Einflusse der bei den verschiedenartigen Materialien stark wechselnden thermischen Ausdehnung befreien könne, ohne genötigt zu sein, neben der eigentlichen Längenmessung immer noch eine feinere Temperaturbestimmung vorzunehmen. Orientierend sei hierzu bemerkt, daß der Betrag der thermischen Ausdehnung für 1 m Länge und 1° C. bei den verschiedenen technisch in Betracht kommenden Materialien zwischen den weiten Grenzen von etwa $0{,}_{008}$ mm bei Porzellan und $0{,}_{029}$ bis $0{,}_{031}$ mm bei den weichen Metallen Zink, Zinn und Blei wechselt. (Die selbstverständlich unerlässliche Bedingung einer nahen Übereinstimmung der Temperatur des zu messenden Körpers mit derjenigen des Maßkörpers ist natürlich ohne eine eigentliche Temperaturmessung zu erfüllen; es bedarf dazu gar nicht einmal der Anwendung eines Thermometers). Diese an sich ziemlich schwierige Frage findet jedoch durch einen rein äußerlichen Umstand hinreichende Erledigung.

Es steht jedenfalls außer Zweifel, daß für die in der Industrie, namentlich in der Werkstattpraxis gebräuchlichen Meßmittel schon aus Gründen der Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung und Beschädigungen wenigstens in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle kein anderes Material Verwendung finden kann, als

Digitized by Google

Stahl in verschiedenen Graden der Härtung, event. wohl auch noch Gußeisen. Die thermische Ausdehnung der verschiedenen Stahl- und Gußeisenarten ist allerdings nicht vollkommen gleich groß, auch sind die Art der Bearbeitung und der Härtungsgrad nicht ganz ohne Einfluß auf dieselbe. Immerhin aber schwanken die Werte der Ausdehnung erfahrungsmäßig nur so unbedeutend um einen Mittelwert, nämlich 0,011 mm pro Meter und Grad C. herum, daß die größten Abweichungen bei den hier in Frage kommenden Abmessungen und namentlich den durch die mangelhafte Kenntnis der Temperaturen selbst entstehenden Unsicherheiten gegenüber, kaum jemals merklichen Einfluß gewinnen können. Selbst in dem jedenfalls schon als ziemlich extrem zu betrachtenden Falle, daß der Unterschied in der thermischen Ausdehnung bei zwei verschiedenen Körpern von 100 mm Länge bis auf 0.001 mm pro Meter und Grad C. stiege, würden die Längen der beiden Körper, wenn sie bei z. B. 0° C. genau übereinstimmten, bei 16° C. erst um 0,0016 mm voneinander abweichen. Die gleiche Differenz würde aber auch bereits vorhanden sein, wenn die Temperaturen beider Körper bei der Vergleichung nur um etwa 1,5 Grad voneinander abwichen. Daß Temperaturunterschiede von solchem Betrage im Werkstattsbetriebe leicht unterlaufen können, kann jedenfalls als sicher angenommen werden.

Demnach werden zwei aus verschiedenen Stahl- oder Gußeisensorten hergestellte Maßkörper, welche bei irgend einer Temperatur in ihrer Länge genau übereinstimmen, auch bei allen anderen, praktisch in Betracht kommenden Temperaturen keine erheblichen Längenunterschiede aufweisen, vorausgesetzt nur, daß sie die gleiche Temperatur besitzen.

Dasselbe aber, was ich hier in Bezug auf die Maßkörper auseinander gesetzt habe, gilt mit unerheblichen Ausnahmen für die im Maschinenbau überhaupt mit höherer Genauigkeit zu messenden Gegenstände ebenfalls, und dies ist der besondere günstige Umstand, auf den ich bereits früher hingewiesen habe. Alle Maschinenteile, bei denen Abmessungen in Betracht kommen, deren thermische Veränderlichkeit Beträge annehmen kann, die nicht mehr zu vernachlässigen sind, bestehen so gut wie ausschließlich aus Gußeisen, Schmiedeeisen oder Stahl und besitzen demnach auch sehr nahe die gleiche thermische Ausdehnung, wie die zu ihrer Messung dienenden Maßkörper. Bei ihnen wird deshalb, wenn man sie sich mit einem stählernen, eine Einteilung tragenden Maßstabe gemessen denkt, immer dieselbe Maßzahl gefunden werden, gleichgiltig, ob die Messung bei höherer oder tieferer Temperatur erfolgt, wenn nur wiederum letztere bei Gegenstand und Maßstab die gleiche ist.

Andere Materialien aber, wie Messing, Kupfer oder Rothguß, deren thermische Ausdehnung freilich erheblich größer ist, als die des Stahles, kommen entweder nur in Größenverhältnissen vor, deren Veränderlichkeit bei den Schwankungen der Temperatur, denen sie bei gewöhnlichen Umständen ausgesetzt sind, unerheblich bleiben, wie z. B. bei den Lagerschalen aus Messing oder Weißmetall, oder sie bilden Konstruktionsglieder, welche so außergewöhnlich starken und unregelmäßigen Temperaturschwankungen unterliegen, daß deren Einfluß ganz außerhalb des Rahmens der hier zur behandelnden Frage liegend anzusehen ist, wie z. B. die kupfernen Platten und Stehbolzen der Feuerbüchsen von Lokomotiven. Eine wirklich wichtige Ausnahme scheinen nur die langen,

Digitized by

aus Messing oder Rothguß gefertigten Muttern der Leitspindeln großer Drehbänke zu bilden, bei denen ja ein sehr gutes Zusammenpassen mit der Spindel gefordert wird. Es liegt aber auf der Hand, daß dieser Forderung, da die Spindel immer aus Stahl besteht, streng genommen doch wieder nur bei einer einzigen, ganz bestimmten Temperatur genügt werden könnte. Bei merklichen Abweichungen davon würde unter allen Umständen ein Drängen oder Zwängen eintreten müssen, dem in der Praxis nur durch die Zulassung eines angemessenen Spielraumes und eines damit unzertrennlich verbundenen toten Ganges begegnet werden kann. Nach dieser Richtung hin ist also hier die Verwendung des Messings oder Rotgusses bereits bedenklich; ich will später noch einmal darauf zurückkommen und zeigen, daß sie noch aus einem anderen Grunde einen geradezu verhängnisvollen konstruktiven Mißgriff bedeutet, möchte nur den Faden der jetzigen Erörterung durch eine solche Abschweifung von dem eigentlichen Thema nicht ungebührlich lange unterbrechen.

Werden die hier natürlich nur andeutungsweise berührten Ausnahmen als wenigstens im Allgemeinen belanglos bei Seite gelassen, so leuchtet jetzt unmittelbar ein, daß zur Herbeiführung einer durchgängigen Übereinstimmung aller in der Technik vorkommenden Messungen untereinander nur eine einzige Festsetzung erforderlich ist, nämlich die Festsetzung eines gemeinsamen Ausgangspunktes für die Temperatur bei den Maßkörpern, d. h. derjenigen Temperatur, bei welcher alle Maßkörper ihrer Bezeichnung, ihrem Nennwerte, entsprechen sollen. Welcher Punkt dafür gewählt würde, könnte an sich ganz gleichgiltig sein, wenn er nur allgemein zu Grunde gelegt würde.

M. H.! Hier bin ich nun bei dem kritischen Punkte der Frage angelangt. Eine derartige Vereinbarung ist bis jetzt noch nicht in vollem Umfange herbeizuführen gewesen. Zwar ist das Bedürfnis dafür überall geahnt, leider aber in nicht genügend klarer Weise aufgefaßt worden. Immer sind zwei wichtige und in unmittelbarer Beziehung zueinander stehende Punkte außer Acht gelassen worden. Einmal hat man verkannt, daß die Lage des gemeinschaftlich anzunehmenden Ausgangspunktes an sich gleichgiltig ist und daß es lediglich auf die Einheitlichkeit desselben ankommt. Immer wieder hat man sich von der Vorstellung nicht losmachen können, daß derselbe notwendig in der Nähe der gewöhnlichen Gebrauchstemperaturen der Maße liegen müsse.

Die Vermutung ist nicht von der Hand zu weisen, daß sich hier unbewußt der Einfluß des leider auch in die deutsche Industrie eingedrungenen und mit Rücksicht auf wirtschaftliche Verhältnisse darin notgedrungen wenigstens teilweise nach immer geduldeten englischen Maßsystems mit seiner Normaltemperatur von 62° der Fahrenheitschen Temperaturskale, was $16^2/_3$° C. gleichkommt, geltend gemacht haben mag; zu einem durchgreifenden Erfolg ist er aber auch nicht gekommen. Sei es nun, daß diese Vermutung überhaupt irrtümlich ist, oder daß die unrunde Zahl $16^2/_3$ vielleicht doch das undeutliche Bewußtsein erzeugt hat, daß mit ihrer Annahme etwas dem streng decimalen Charakter unseres metrischen Maßsystems widersprechendes mit demselben in Verbindung gebracht werden würde; genug, man hielt sich nicht an diese Temperatur, sondern nur in ihrer Nähe, und da die Ansichten über die am besten zu wählende Gebrauchstemperatur doch stark auseinander gingen, so war die Folge, daß bei-

Digitized by Google

nahe jede Werkzeugmaschinenfabrik, welche sich mit der Herstellung solcher Maßkörper befaßt, für dieselben ihre eigene, spezielle Ausgangstemperatur wählte; die eine 14° C., eine andere 20°, die übrigen beliebig zwischen diesen beiden Grenzen. Ich bemerke ausdrücklich, daß die genannten Extreme nicht etwa der Anschaulichkeit wegen übertrieben sind, sondern der Wirklichkeit entsprechen; ihr Unterschied ist so beträchtlich, daß er eine zureichende Übereinstimmung namentlich bei längeren Maßkörpern bereits völlig ausschließt.

Der andere, mindestens ebenso wichtige Punkt, welcher übersehen wurde, betrifft die jedenfalls doch sehr nahe liegende Frage, ob es denn der Technik, wenn die Einheitlichkeit in den Vordergrund gestellt wird, überhaupt noch frei stehe, hier ganz nach ihrem eigenen Belieben und ihren Wünschen zu entscheiden. Diese Frage aber muß in dem höher stehenden allgemeinen Interesse mit einem ganz entschiedenen „Nein" beantwortet werden.

Durch das Reichsgesetz vom 26. April 1893 ist nämlich, in Übereinstimmung mit den internationalen Vereinbarungen, für das Prototyp des metrischen Maßsystems die Temperatur des schmelzenden Eises angenommen worden, und die gleiche Temperatur liegt auch nach den im Zirkulare Nr. 12 der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission vom 28. Januar 1872 niedergelegten Erklärungen allen gesetzlich geeichten Längenmaßen des Verkehres zu Grunde. Wenn auch die bei den gröberen dieser Maße zulässigen Fehlergrenzen derart weit gesteckt sind, daß ihnen gegenüber der Einfluß der thermischen Ausdehnung überhaupt ohne Bedeutung bleibt, so ist dies doch schon bei den mittelfeinen, in der Eichordnung als Präzisionsmaßstäbe bezeichneten, nicht mehr der Fall. Demnach ist die Wahl des Ausgangspunktes auch für die Technik nicht mehr frei; vielmehr würde die auf obige Weise schon gesicherte Einheitlichkeit wieder vernichtet werden, wenn man hier willkürlich eine andere Ausgangstemperatur zu Grunde legen wollte. Es würde dies dann die Folge haben, daß die Maße der Technik bei gleichem Nennwert und gleicher Temperatur mit denen des allgemeinen Verkehres nicht in genauer Übereinstimmung sein würden.

Die sich hier hervordrängende Frage, ob diese Ausgangstemperatur von 0° C. für die Zwecke der Technik vorteilhaft oder ungünstig gelegen sei, käme dabei, wenn wiederum der Gesichtspunkt der Einheitlichkeit vorangestellt wird, eigentlich gar nicht in Betracht. Sie verdient indessen, erörtert zu werden, weil ihr vielfach eine erheblichere Bedeutung beigelegt wird, als ihr bei näherer Einsicht zugestanden werden kann.

Es wird nämlich der Einwand erhoben, daß jene Normaltemperatur zu weit entfernt sei von denjenigen Temperaturen, in welchen gewöhnlich der Gebrauch der Maße stattfindet, und daß daher auch schon geringe Unterschiede in den Ausdehnungscoefficienten bewirken, daß zwei Maße, welche bei der Normaltemperatur genau übereinstimmen, gerade bei der Gebrauchstemperatur schon merkliche Abweichungen aufweisen müssen. In dieser Form kann dem Einwande eine gewisse Berechtigung freilich nicht abgesprochen werden, zunächst aber ist aus dem früher angeführten Zahlenbeispiel ersichtlich, daß wenigstens in dem hier vorliegenden Falle seine Bedeutung stark überschätzt wird. Sodann aber wird derselbe ganz hinfällig, wenn das Verfahren bei der Prüfung derartiger Maßkörper ins Auge gefaßt wird. Die Prüfung wird

durchaus nicht etwa bei der Normaltemperatur von 0° C. ausgeführt, sondern erfolgt in der Reichsanstalt durch Vergleichung mit stählernen Normalkörpern bei Temperaturen in der Nähe von 18° C. Für diese Temperatur ist die wahre Länge jedes der Normalkörper genau bekannt und aus ihr die Abweichung vom Nennwerte bei 0° C. erst unter Zugrundelegung der oben angegebenen mittleren Ausdehnung des Stahles von 0,011 mm pro Meter und Grad C. berechnet. Für die zur Prüfung kommenden Körper muß, da eine gesonderte Bestimmung ihrer Ausdehnungscoefficienten so gut wie undurchführbar sein würde, notgedrungen eine Annahme über diesen Werth getroffen werden. Legt man dann aber, wie es tatsächlich geschieht, hier wieder den gleichen Wert zu Grunde, wie bei den Normalkörpern, so ist dies gleichbedeutend mit der Annahme, daß der bei 18° C. gefundene Unterschied der Längen bei allen Temperaturen der gleiche, also auch noch bei 0° giltig sei. Es leuchtet dann aber sofort ein, daß damit die Verhältnisse insofern eine völlige Umkehrung erfahren, als die in den Prüfungsscheinen angegebenen Abweichungen der Länge von ihrem Nennwert bei 0° C. strenge Giltigkeit eigentlich erst für die wahren Längen bei Gebrauchstemperaturen in der Nähe von 18° C. erlangen, und daß die mit der Annahme der mittleren thermischen Ausdehnung verbundene Unsicherheit merklicheren Einfluß nur bei Temperaturen gewinnen kann, welche verhältnismäßig weit nach oben oder unten hin von der Gebrauchstemperatur entfernt liegen.

Auf diesem Wege wird also die für die Praxis erwünschte Übereinstimmung der Maße in den gewöhnlichen Gebrauchstemperaturen herbeigeführt, ohne daß es notwendig, oder auch nur zweckmäßig wäre, von der Normaltemperatur des metrischen Maßsystems abzugehen.

Allen Maßbezeichnungen im metrischen Maßsystem liegt, wenn nicht etwas Besonderes bemerkt wird, die Normaltemperatur 0° C. zu Grunde. Dieselbe braucht deshalb nicht jedesmal ausdrücklich angegeben zu werden. Wenn daher irgend ein Maßkörper lediglich die Bezeichnung 30 mm trägt (die indessen, wenn die durch ihn dargestellte Länge sonst unzweifelhaft erkennbar ist, auch fehlen kann), so ist ausschließlich anzunehmen, daß er diese Länge bei der Temperatur 0° repräsentiert. Bei jeder höheren oder niederen Temperatur kommt seine wahre Länge dann demjenigen Werte gleich, welcher aus dem Nennwerte unter Berücksichtigung der thermischen Ausdehnung hervorgeht, und welche als Sollwert für die entsprechende Temperatur bezeichnet wird. Ein Endmaß aus Stahl, welches nur die Bezeichnung 30 mm trägt, soll eben bei einer Temperatur von 14° C. nicht genau 30 mm lang sein, sondern um

$$0{,}03 \cdot 0{,}011 \cdot 14 = 0{,}0046 \text{ mm}$$

länger, d. h. einen Sollwerth von 30,0046 mm aufweisen, um im metrischen Maßsystem mit der Normaltemperatur 0° C. seinem Nennwert genau zu entsprechen. Wäre die Länge des Maßes bei 14° C. genau 30 mm, so würde sie bei dieser Temperatur nur ihrem Nennwerte, nicht aber dem angegebenen Sollwerte entsprechen und eben deshalb um den Unterschied beider fehlerhaft, nämlich zu klein sein.

Anders würde es sich jedoch im letzteren Falle verhalten, wenn der Körper nicht schlechthin die Bezeichnung „30 mm“ sondern „30 mm bei 14° C.“ aufgestempelt

trüge. Durch diesen Zusatz würde ausdrücklich 14° C. als Ausgangstemperatur für den Nennwert, oder was dasselbe ist, 30 mm als Sollwert für 14° C. erklärt. Dies würde an sich allerdings statthaft sein, freilich aber auch gleichzeitig den Benutzer des Maßkörpers darauf aufmerksam machen, daß die Länge des letzteren im metrischen Maßsystem mit der gebräuchlichen Normaltemperatur 0° C. fehlerhaft ist.

Völlig unstatthaft dagegen ist die nicht selten angewandte Ausdrucksweise: „richtig bei 14° C.", weil die Bedeutung des Wortes „richtig" keine unzweideutige ist, sondern in verschiedenartigem Sinne ausgelegt werden kann. Einmal kann sie nämlich so aufgefaßt werden, daß die in Rede stehende Länge ihrem Sollwerthe bei 14° C. genau entspricht. In diesem Falle entspricht die Länge dann aber ihrem Sollwerte auch bei jeder anderen Temperatur und ist also schlechthin richtig; der Zusatz „bei 14° C." wäre somit nicht nur überflüssig, sondern sogar schädlich, weil er überhaupt erst Zweifel hervorruft. Soll dagegen, wie dies tatsächlich der Fall zu sein pflegt, die andere Auffassung Platz greifen, daß die Länge bei 14° C. ihrem Nennwert gleichkommt, dann ist diese nach dem Obigen als fehlerhaft anzusehen, daher weder bei 14° noch bei irgend einer anderen Temperatur richtig

M. H.! Das eigentliche Thema meines Vortrages ist hiermit erschöpft. Gestatten Sie aber, daß ich Ihre Zeit und Aufmerksamkeit noch etwas länger in Anspruch nehme, um noch einige Nebenpunkte zu erörtern, welche mit dem Gegenstande in mehr oder weniger engem Zusammenhange stehen. Ich möchte den am weitesten abseits liegenden vorweg nehmen. Er betrifft die leider sehr häufige Verwendung von Messing oder Rotguß für die Muttern der Leitspindeln. Außer dem vorhin bereits erwähnten Übelstande bringt dieselbe noch eine nicht zu unterschätzende Gefahr für die Erhaltung des Gewindes mit sich. Da nämlich das Material der Mutter gleichzeitig weicher und zäher ist, als das der Spindel, so setzen sich alle auf den freien Teil der letzteren fallenden Staubpartikelchen bei dem späteren Darübergehen der Mutter in dieser fest und wirken alsdann schleifend auf das Gewinde der Spindel ein, während die Mutter selbst nur eine geringfügige Abnutzung erfährt. Unterstützt wird diese zerstörende Wirkung dann noch durch den Einfluß der Temperatur, welcher stets nur das Zusammenwirken weniger Gänge gestattet und daher eine gleichmäßige Verteilung des Flächendruckes unmöglich macht. Die Erfahrung hat dies voll bestätigt und auch gelehrt, daß bei der Verwendung von Gußeisen als Material für die Mutter, aus analogem Grunde die Verhältnisse sich umkehren. Die Abnutzung fällt dann fast ausschließlich auf die leicht ersetzbare Mutter, während die ungleich wertvollere Spindel nur eine feine Politur erfährt, dann aber so gut wie intakt bleibt.

Sodann möchte ich jetzt an ein paar Beispielen zeigen, zu welcherlei Folgen und unrichtigen Schlüssen mitunter eine Unterschätzung der Größe des Temperatureinflusses führen kann.

Vor Kurzem wurde der Reichsanstalt ein Endmaß aus Stahl mit dem Ersuchen eingesendet, die nominal 2 m betragende Länge desselben auf $0{,}001$ mm zuverlässig zu bestimmen. Diese Forderung liegt dicht an der Grenze des bei einem Maßstab von

solcher Länge unter Anwendung ganz besonderer Vorsichtsmaßregeln und der allerfeinsten Messmittel noch etwa Erreichbaren; bedeutet sie doch die Einhaltung einer Unsicherheit von nur einem halben Milliontel der ganzen Stablänge. Ihre Erfüllung hätte die Herstellung verwickelter Hilfseinrichtungen zur Konstanthaltung und sicheren Bestimmung der Temperatur des Stabes während seiner Messung erfordert und deshalb einen Aufwand von Kosten und Arbeit verursacht, welcher in gar keinem Verhältnis zu der Bedeutung des Stabes gestanden hätte, der seiner ganzen Beschaffenheit nach zu unmittelbarem Werkstattsgebrauch bestimmt war.

Der Einsender hatte gar nicht bedacht, daß die Länge des Stabes bei Erhöhung seiner Temperatur um nur 1° C. sich bereits um das 22 fache der geforderten Unsicherheitsgrenze vergrößert und daß deshalb, um die letztere praktisch ausnutzen zu können, zuvörderst die Aufgabe zu lösen gewesen sein würde, nicht allein die Temperaturen der verschiedensten Stellen des Stabes sondern auch die an den zu messenden Gegenständen überall bis auf mindestens $^1/_{22}$° C. in Übereinstimmung zu bringen. Nach erhaltener Belehrung erklärte sich denn auch der Einsender ohne Weiteres mit der Einhaltung der für alle praktischen Zwecke mehr als ausreichend kleinen Unsicherheit von 0,03 bis 0,01 mm völlig zufrieden.

Ich wende mich zu einem zweiten, ebenfalls der Praxis entstammenden Beispiel, welches ganz besonders interessant ist und noch zu einigen anderen Erörterungen Veranlassung bietet. In einer Broschüre: „Über die Passungen im Maschinenbau", Diss. zur Erlangung der Würde eines Doctor-Ingenieurs, Berlin, 1904 teilt Herr Prof. Schlesinger S. 18 in einem Schaubilde die Ergebnisse von Maßbestimmungen mit, die bei vier verschiedenen Stellen, nämlich 1. der Abteilung II der Physikalisch-technischen Reichsanstalt, 2. dem British Board of Trade, 3. und 4. in der Abteilung für Präcisionsmaße der Firma Ludwig Loewe in Berlin mittels zweier verschiedener, aus den Jahren 1898 und 1903 stammenden Messmaschinen von der Firma Pratt & Whitney in Hartford, Conn. U. S. A. an acht stählernen Endmaßen von bezw. 1, 2, 3, 4, 6, 8 und 12" engl. Nennwert gefunden worden sind. Da mir das Diagramm im vorliegenden Falle kein besonders glückliches Veranschaulichungsmittel zu sein däucht, so habe ich die darin dargestellten Werte wieder in Zahlen ausgedrückt und in der Form vorliegender Tabelle zusammengestellt. In dieser sind die vier verschiedenen Prüfungsstellen durch die Anfangsbuchstaben ihrer zum Teil etwas langen Titel voneinander unterschieden. Die Zahlen geben die bei den Messungen gefundenen Abweichungen der Längen von ihren Sollwerten an; ihre Einheit ist der Betrag von 0,001 mm. Die mit einem Punkt versehenen Zahlen sind um etwa die Hälfte der Einheit zu vergrößern. Das Vorzeichen + bez. — bedeutet, daß die Länge des Körpers größer, bez. kleiner gefunden wurde, als sein Sollwert.

Die Unterschiede bei je einem und demselben Körper sind recht beträchtliche und werden von Herrn Prof. Schlesinger auf die Ungenauigkeiten der Meßspindeln zurückgeführt. Ich glaube dagegen, wesentlich andere, weittragendere Schlüsse daraus ziehen zu sollen.

Digitized by Google

Prüfungsstelle / Länge	1″	2″	3″	4″	6″	8″	12″	
P. T. R. II.	+ 2	+ 5	+ 3	+ 7	+ 6.	− 2.	+ 1	± 1
B. B. T.	+ 1	+ 7	+ 2	− 8	+ 8	− 4	− 3	
L. L. 1898	+ 3.	+ 7.	+ 4	+ 5	+ 4	− 7	− 3.	
L. L. 1903	+ 4.	+ 8	+ 9.	+ 10	+ 7	− 1	+ 18.	

Zunächst scheint Herr Prof. Schlesinger eine Kleinigkeit übersehen zu haben. Der Prüfungsschein der Reichsanstalt trägt die Bemerkung: „Die angegebenen Zahlenwerte sind bis auf $\pm$ 0,001 mm zuverlässig.“ Das heißt doch, die Reichsanstalt übernimmt die behördliche Gewähr dafür, daß die mitgeteilten Abweichungen innerhalb der angegebenen Grenzen der Wirklichkeit entsprechen. Von anderer Seite gefundene Zahlen, welche um mehr als jene 0,001 mm von denen der Reichsanstalt abweichen, sind als weniger zutreffend, als diese anzusehen, können aber keinen Zweifel an deren Richtigkeit begründen. Allerdings folgt dann noch der Zusatz, daß die Gewähr nicht auf die Dauer übernommen werden kann, da Gegenstände aus gehärtetem Stahl erfahrungsgemäß noch lange Zeit nach ihrer Herstellung fortschreitenden Dimensionsänderungen unterliegen. Aus den Zahlen der Tabelle ist jedoch zu schließen, daß wenigstens in der Zeit zwischen den ersten beiden Messungen eine merkliche Änderung nicht eingetreten ist.

Die Unsicherheit von 0,001 mm ist für ein Endmaß von 12″ engl. Länge bereits ausserordentlich gering; um sie innehalten zu können, sind ganz besondere Vorsichtsmaßregeln zu ergreifen und Hilfseinrichtungen anzuwenden, von denen ich einen Teil hier aufgestellt habe. Ehe ich letztere aber beschreibe, muß ich vorausschicken, daß die Prüfung derartiger Endmaße, soweit deren Länge 250 mm nicht überschreitet, in der Reichsanstalt der Regel nach durch unmittelbare Vergleichung mit ähnlich gestalteten Normalmaßkörpern, deren einen Sie hier sehen, erfolgt und zwar unter Anwendung einer Meßmaschine von J. E. Reinecker in Chemnitz-Gablenz, welche jedoch in der eigenen Werkstatt der Reichsanstalt durchgreifende Veränderungen erfahren hat, insbesondere mit einer äußerst genau gearbeiteten Meßschraube versehen worden ist und statt der ungeschickt großen, schweren und unzweckmäßigen Teiltrommel eine solche von nur 130 mm Durchmesser aus Magnalium erhalten hat.

Das Instrument gestattet ausschließlich die Vergleichung zweier Endmaße miteinander, besitzt aber nur das, übrigens für die meisten Fälle ausreichende, Meßbereich von 250 mm. Für längere Maßkörper, welche indessen nur sehr selten zur Prüfung eingehen, müssen andere Meßvorrichtungen benutzt werden, welche näher zu besprechen, die zur Verfügung stehende Zeit nicht erlaubt.*) Die Hauptsache ist nun, die beiden miteinander zu vergleichenden Endmaße in um so genauere Temperaturübereinstimmung zu bringen, je länger sie sind. Durch bloßes Nebeneinanderlagern an freier Luft ist das

*) Vergl. hierzu den Artikel: Über die Einrichtung und den Gebrauch von Präcisionsmaßstäben. 75. Bd. 5. Heft der Verh. d. Ver. f. Gewerbfl. v. J. 1896.

Digitized by Google

nicht mit genügender Sicherheit zu erreichen. Sie sehen deshalb hier in einer Umhüllung aus schlecht wärmeleitendem Material, Holz, eingeschlossen zwei etwa 35 mm dicke Platten aus Gußeisen, deren jede rund 8,5 kg wiegt und mit einer Reihe halbrunder Nuten versehen ist. Die Nuten passen beim Aufeinanderlegen der Platten genau zusammen und bilden so zylindrische Hohlräume von 20 mm Durchmesser, deren Enden durch die Holzumhüllung abgeschlossen sind, wodurch das Hindurchstreichen der Außenluft verhindert wird. Der Durchmesser der Hohlräume ist nur um ein Geringes größer, als der bei unseren deutschen Firmen fast durchweg übliche der Endmaße.

Das der Prüfung zu unterwerfende Endmaß wird in eine der Nuten eingelegt, in die nächste derselben kommt das Normalmaß; die Deckplatte wird aufgelegt und nun bleiben beide Maße längere Zeit in der starken Metallumhüllung liegen, in welcher sich der Temperaturausgleich zwischen ihnen natürlich sehr vollkommen vollzieht. In einer der übrigen Nuten liegend, bemerken Sie noch einen Stahlkörper, welcher seiner äußeren Form nach einem der gewöhnlichen Endmaße von 30 mm Länge entspricht. Derselbe ist aber an einer seiner Endflächen bis zu einer Tiefe von etwa 20 mm eingebohrt und in seine Höhlung ist ein kleines Thermometer mit seinem Gefäß eingelassen. An diesem Thermometer kann die Temperatur der ganzen Metallmasse mit großer Zuverlässigkeit abgelesen werden. Ein entsprechendes Thermometer befindet sich auch an der in geringer Entfernung stehenden Meßmaschine und gestattet zu kontrolieren, ob die mittlere Temperatur der letzteren nicht allzustark von derjenigen der zu vergleichenden Endmaße abweicht. Auf eine sehr nahe Uebereinstimmung kommt es hierbei übrigens nicht an, da die eigentliche Messung nur wenige Minuten dauert und diese kurze Zeit nicht hinreicht, einem größeren Endmaß durch Aus- oder Einstrahlung merkliche Wärmemengen zu entziehen oder zuzuführen; bei kurzen Maßen aber übt ein geringer Temperaturunterschied noch keinen erheblichen Einfluß auf die Länge aus. Übrigens wird auch stets die Vorsicht geübt, die Messung des Prüflings zwischen zwei Messungen des Normales einzuschließen, wobei etwaige Temperaturänderungen an den beiden korrespondierenden Ablesungen bei dem letzteren erkannt werden, und ihr Einfluß, wenn er klein genug ist, aus deren Mittelwert verschwindet.

Um jedoch zu verhüten, daß Temperaturänderungen durch die ungleich gefährlichere innige Berührung mit etwas anders temperierten größeren Metallmassen in den zu vergleichenden Endmaßen eintreten, werden letztere beim Transport aus dem Metallbett, in dem sie liegen, zur Meßmaschine und zurück, mittels hölzerner Klammern erfaßt, die an ihnen rasch befestigt werden können, kleinere mit einer Pincette aus Holz (wie Sie dergleichen hier sehen) und dann auch auf der Maschine auf Unterlagen untergebracht, die im wesentlichen aus Holz und nur in ihren, der leichten Beweglichkeit wegen erforderlichen federnden Teilen aus geringfügigen Metallmassen bestehen. Leichtere werden freihändig zwischen die Meßflächen gehalten.

Es ist wohl vorauszusetzen, daß auch bei dem British Board of Trade dem Einfluß der Temperatur gebührend Rechnung getragen und durch ähnliche Hilfsmittel begegnet wird. Man wird daher annehmen dürfen, daß den dort gefundenen Werten eine ähnlich geringe Unsicherheit anhaftet, wie den von der Reichsanstalt angegebenen. In der Tat aber weichen die Zahlen der beiden ersten Reihen der obigen Tabelle,

Digitized by Google

außer bei den Körpern von 4 und von 12″ Länge von ihren Mittelwerten nirgends um mehr als den Betrag der von der Reichsanstalt garantierten Unsicherheit ab, und es herrscht demnach zwischen ihnen eine Übereinstimmung, wie man sie schöner gar nicht erwarten könnte. Der etwas stärkere Unterschied bei dem Körper von 12″ erscheint mit Rücksicht auf die große Länge noch ganz erträglich; was aber die sehr starke Abweichung bei dem Körper von 4″ anlangt, so rückt die Vergleichung der drei übrigen Messungsergebnisse, sowie eine nochmalige Durchsicht der Protokolle der Reichsanstalt, die Vermutung in den Bereich der höchsten Wahrscheinlichkeit, daß hier gar keine Messungsdifferenz, sondern lediglich ein Vorzeichenfehler vorliegt und es +8 statt −8 heißen muß.

Verhältnismäßig starke reelle Abweichungen untereinander und von denen der ersten beiden Reihen zeigen nur die der letzten beiden, und gerade diese geben zu besonders wichtigen und interessanten Schlußfolgerungen Veranlassung. In einer kritischen Vergleichung der drei Meßmaschinen von Whitworth, J. E. Reinecker und Pratt & Whitney, deren Veröffentlichung nahe bevorsteht, habe ich gezeigt, daß die an letzter Stelle genannte, infolge eines prinzipiellen Konstruktionsfehlers notwendig die Tendenz zeigen muß, zu große Ergebnisse zu liefern. Sie bemerken, wie sich diese Eigentümlichkeit in der Tat bei den kürzeren Maßen, bei welchen Temperaturunterschiede noch keinen erheblichen Einfluß äußern können, deutlich ausspricht; bei den längeren verwischt sie sich aber und schlägt mitunter sogar in das Gegenteil um. Mit wachsender Länge aber werden die Abweichungen im allgemeinen nicht nur größer, sondern auch unregelmäßiger. Diese Erscheinung kann auf zwei verschiedene Ursachen zurückgeführt werden, welche wahrscheinlich zusammenwirken werden. Bei der Meßmaschine von Pratt & Whitney werden nicht, wie bei denen von Whitworth und Reinecker die zu prüfenden Endmaße unmittelbar wieder mit Normalendmaßen verglichen, sondern mit den Abständen der Striche eines mit dem Bett der Maschine verschraubten Maßstabes. Nun kann es sein, daß dieser Maßstab merkliche Teilungsfehler aufweist, welche, wenn sie nicht bekannt sind und rechnungsmäßig berücksichtigt werden, die Messungsergebnisse verfälschen müssen. Die Reichsanstalt hatte vor einiger Zeit den Auftrag, eine derartige Maschine neuester Bauart in Bezug auf diesen Punkt zu untersuchen. Ich war über die Größe der gefundenen Fehler derart erstaunt, daß ich zunächst Irrtümer bei der Prüfung vermutete, weil diese aus besonderen Gründen einen indirekten Weg beschreiten mußte, und erst der Umstand, daß auch Wechsel in den Prüfungsanordnungen immer wieder das gleiche Ergebniß lieferten, führten zu der Überzeugung, daß die Teilung des Maßstabes, allerdings noch in Verbindung mit den Abweichungen der Schlittenführung von der Geradlinigkeit, als äußerst unregelmäßig zu bezeichnen war. Nebenbei will ich nur noch bemerken, daß die Gesamtlänge des Maßstabes ihrem Nennwert, 600 mm, angeblich bei einer Temperatur von 15° C. gleichkommen sollte, aber um soviel kürzer war, daß sie den Nennwert erst bei mehr als 30° C. erreichen würde.

Die andere Ursache der obigen starken Abweichungen ist zweifellos wieder in Temperaturunterschieden zwischen dem zu prüfenden Endmaß und dem zugehörigen Strichabstande des Maßstabes zu erblicken. Der stählerne Maßstab ist bei diesen Maschinen, wie bereits erwähnt, mit dem gusseisernen Bett fest verschraubt, was zunächst schon sehr bedenklich erscheint, weil ihm dadurch die freie Beweglichkeit ge-

Digitized by Google

nommen wird, deren er bei Temperaturveränderungen bedarf, wenn er sich nicht unter dem Zwange krümmen soll, der durch eine geringfügige Abweichung seiner thermischen Ausdehnung von der des Bettes herbeigeführt wird. Er ist aber auch in so unzugänglicher Weise angebracht, daß es vollkommen ausgeschlossen ist, zu prüfende Endmaße, namentlich von größerer Länge, in ausreichende Temperaturübereinstimmung mit ihm zu bringen. Die in den letzten beiden Reihen der Tabelle mitgeteilten Werte sind daher mit denen der ersten beiden überhaupt gar nicht vergleichbar, weil jeder Anhalt über die Unsicherheit, mit denen sie behaftet sind, fehlt.

Die Betrachtungen, zu welchen die Zahlenwerte der Tabelle geradezu herausfordern, sind aber noch nicht erschöpft. Herr Prof. Schlesinger gibt an, daß die acht Endmaße von der Firma Pratt & Whitney unter der Garantie geliefert worden seien, in ihrer Länge bis auf 0,0005 mm, d. h. also eine halbe Einheit der Zahlenwerte der Tabelle richtig zu sein. Von einer Größe dieser Ordnung vermag man sich überhaupt kaum noch eine Vorstellung zu machen. Es sei nur bemerkt, daß sie der der D-Linie des Spectrums entsprechenden Wellenlänge des Lichtes nahe kommt, aber noch etwas darunter bleibt. Nun bitte ich Sie, die beiden ersten, durch ihre nahe Übereinstimmung als hinreichend zuverlässig gekennzeichneten Reihen in Bezug hierauf etwas näher anzusehen. Keine einzige der darin enthaltenen Zahlen entspricht dieser Garantie; die Länge des Körpers von 4″ Nennwert überschreitet sie um nicht weniger als das vierzehnfache! Ähnlich verhält es sich mit den anderen; daß gerade die beiden längsten etwas günstiger aussehen, ist zweifellos ein Spiel des Zufalls. Eine Unsicherheit dieses Betrages einzuhalten, stellt, wie ich bereits vorhin erläutert habe, schon für die bloße Messung eine recht schwierige Aufgabe dar, um wieviel mehr daher für die Herstellung! Fasse ich die ganze Schwierigkeit der letzteren ins Auge, über die ich zwar persönliche Erfahrung habe, da ich einen ganzen Satz solcher Endmaßkörper, von denen ich Ihnen einen hier vorgelegt, eigenhändig geschliffen habe (obzwar ohne Rücksicht auf ihre definitive Länge), über die ich mich aber hier nicht weiter verbreiten kann, so glaube ich kühnlich behaupten zu dürfen, daß eine derartige Garantie selbst für die kürzesten Körper überhaupt von keinem Sterblichen übernommen werden kann. Geschieht es dennoch, so geschieht es eben nur im Vertrauen darauf, daß die Unwahrheit nicht so leicht nachzuweisen ist und schlimmstenfalls eine Ausrede in Bereitschaft steht, sie zu verdecken. Diese findet sich in dem Umstande, daß, wie ich bereits früher erwähnt habe, Gegenstände aus gehärtetem Stahl ihre Längen erfahrungsmäßig allmählich ändern. Ist diese Eigenschaft des Stahles aber bekannt, so wird die Unwahrheit zu einer bewußten, und die Garantie trotzdem zu geben, entspricht unseren deutschen Begriffen von Ehrlichkeit sicher nicht. Zu bedauern ist nur, daß der Praktiker derartige, in der Luft schwebende Zahlen, deren kritische Würdigung ja von ihm auch gar nicht verlangt werden kann, häufig als bare Münze aufnimmt. Tatsächlich ist eine Art gegenseitiger Treiberei in solchen illusorischen Genauigkeiten zu beobachten gewesen, von welchen einsichtigere deutsche Firmen erst in letzter Zeit wieder etwas zurückgekommen sind, indem sie als Ungenauigkeitsgrenze für ihre Erzeugnisse sich im allgemeinen mit 0,002 mm begnügen, diese noch immer sehr enge

Digitized by Google

Grenze aber auch bei Körpern bis zu etwa 100 mm Länge noch mit ziemlicher Sicherheit einzuhalten vermögen.

Auch mit dem Lobe, welches Herr Prof. Schlesinger dem der Firma Pratt & Whitney für die Prüfung ihrer Erzeugnisse zu Gebote stehenden Rogers-Bond'schen Komparator zollt, kann ich mich durchaus nicht einverstanden erklären. Dieser Apparat ist allerdings wegen verschiedener, ihrer Eigenart halber bestechend ins Auge fallender, aber entbehrlicher und zum Teil nicht einmal ganz unbedenklicher Einzelheiten, wie z. B. elektromagnetisch betätigter Arretierungen, recht bemerkenswert, gehört aber seinem Konstruktionsprinzip nach nur zu denjenigen Einrichtungen, die in der Metronomie als Longitudinalkomparatoren bezeichnet werden. Es sind das für manche Zwecke, insbesondere für die Ermittelung der Teilungsfehler von Maßstäben kaum entbehrliche Instrumente, welche aber im Gegensatz zu den viel höher stehenden Transversalkomparatoren an dem Mangel leiden, daß die Richtigkeit der damit ausgeführten Messungen im allgemeinen von der Genauigkeit einer Geradführung abhängt. Die denkbar beste Form hierfür bietet ohne Zweifel ein genau geschliffener Zylinder; bei dem in Rede stehenden Instrument aber ist der Fehler begangen worden, nicht einen, sondern zwei dergleichen anzuwenden, wobei die neue Schwierigkeit entsteht, deren Axen, die unbedingt nicht genau gerade sein können, überall in gleichem Abstand voneinander zu lagern. Wo Größen in Betracht kommen, wie diejenigen, von denen die vorhin erwähnte Garantie spricht, kann die wahre Gestalt auch des sorgfältigst geschliffenen Zylinders vergleichsweise doch nur als etwa die Mitte haltend angesehen werden, zwischen den Formen einer Wurst und einer Zigarre; mit letzterer hat sie die zugespitzten Enden, mit ersterer die Krümmung und die Biegsamkeit gemein. — Die Methoden für die Prüfung der Geradlinigkeit der Führung, welche an der Stelle mitgeteilt sind, an der sowohl Herr Prof. Schlesinger als auch ich die Kenntnis von der Einrichtung dieses Instrumentes geschöpft haben*), müssen teilweise als ganz primitiv und unzureichend bezeichnet werden; sie haben übrigens im besten Falle immer nur vorübergehende Bedeutung, weil Änderungen der Krümmung der Zylinder und ihrer gegenseitigen Lage natürlich nicht ausgeschlossen sind. Der Longitudinalkomparator der Reichsanstalt besitzt nur einen Führungszylinder, ist auch im übrigen von unvergleichlich höherer Vollkommenheit und weit feiner organisiert, als der besprochene (ich kann das ohne Unbescheidenheit sagen und brauche auch den Vorwurf nicht zu fürchten, als Richter in eigener Sache aufzutreten, weil seine Konstruktion nicht von mir herrührt, sondern von der weltberühmten Firma Repsold in Hamburg erdacht worden ist, zu einer Zeit, als ich diesem ganzen Wissenschaftszweige noch fern stand), dennoch wird er höchstens in Ausnahmefällen zu absoluten Längenbestimmungen benutzt, weil er eben seines Grundprinzipes wegen hierfür nicht als vollwertig zu betrachten ist. Ich habe noch zu bemerken, daß auch bei dem Rogers-Bond'schen Komparator ganz wie bei der Meßmaschine der Firma Pratt & Whitney die Bestimmung der Länge von Endmaßen durch Vergleichung mit einem eingeteilten Maß-

*) Standarts of Length u. s. w. by G. M. Bond. M. E., published by The Pratt & Whitney Company, Hartford, Conn. U. S. A. 1887.

stabe erfolgt. Ob letzterer ebenfalls mit dem Bett verschraubt, oder frei beweglich ist, geht aus der Beschreibung an angegebener Stelle nicht mit Sicherheit hervor.

Um indessen nicht ungerechtfertigter Parteinahme bezichtigt zu werden, will ich ausdrücklich betonen, daß die hier gerügten Mängel ausschließlich Folge des unrichtigen Longitudinalprinzipes sind und sowohl bei dem besprochenen Komparator als auch der Meßmaschine von Pratt & Whitney vollständig in Wegfall kommen, sowie jenes Prinzip wieder aufgegeben und, wie bei den Meßmaschinen von Whitworth und Reinecker, zur reinen Vergleichung von Endmaßen nahe gleicher Länge miteinander zurückgekehrt wird. Die Maschinen von Pratt & Whitney sind sonst sehr solide und sauber gearbeitet; die Meßschraube der oben erwähnten, in der Reichsanstalt untersuchten, wies verhältnismäßig sehr geringe Unregelmäßigkeit ihrer Steigung und nur eine etwas zu geringe Ganghöhe auf.

Nach Erledigung dieses Punktes muß ich noch einmal auf einen bereits früher berührten zurückgreifen. Als ich vorhin als Mittelwert für die thermische Ausdehnung der verschiedenen Stahl- und Eisensorten den Betrag von 0,011 mm pro Meter und Grad C. nannte, dürfte diese Angabe manchem von Ihnen, namentlich denjenigen Herren, deren Tätigkeit im Gebiete großer Eisenkonstruktionen, Brücken, Dächern und dergl. liegt, etwas befremdlich vorgekommen sein, da sie gewöhnt sind, einen beträchtlich größeren Wert, nämlich 0,0125 oder sogar 0,0125 anzuwenden. Hier muß ich bemerken, daß der von mir angegebene Wert tatsächlich sehr nahe das Mittel aus allen mir bekannt gewordenen zuverlässigen Bestimmungen darstellt und hierbei Abweichungen von mehr als 0,0005 nach oben und unten hin nur sehr vereinzelt vorkommen. Daß man sich in der Praxis bei der Berechnung von Dilatationsvorrichtungen für lange eiserne Brücken und in ähnlichen Fällen aus Sicherheitsgründen gern eines etwas zu großen Koeffizienten bedient, ist naheliegend und auch gerechtfertigt, berührt die hier vorliegende Frage aber nicht.

Zum Schlusse glaube ich Ihre Aufmerksamkeit noch auf einen Gegenstand hinlenken zu sollen, welcher leider sehr geeignet erscheint, einen neuen, schweren Mißgriff auf dem besprochenen Gebiete herbeizuführen. Hoffentlich wird es dadurch gelingen, den letzteren von vornherein zu unterdrücken. Es ist Ihnen bekannt, daß vor etwa 10 Jahren Herr Dr. Guillaume, Mitdirektor bei dem internationalen Maß- und Gewichtsbureau zu Sèvres bei Paris, eine Legierung von Stahl mit 36% Nickel entdeckt hat, welche die wunderbare Eigenschaft zeigt, einer äußerst geringen Ausdehnung durch die Wärme zu unterliegen. Letztere beträgt, je nach der mehr oder minder gut getroffenen Zusammensetzung nur 0,0000 bis etwa 0,000 mm pro Meter und Grad C., ist aber auch von der nach dem Schmelzen erfolgenden Behandlung abhängig. Es ist tatsächlich in neuester Zeit gelungen, sie bei einzelnen Stäben auf ganz unmerkliche Größe herabzudrücken. Daß ein solches Material für verschiedene Zwecke von unschätzbarem Werte sein muß, liegt auf der Hand. Es würde beispielsweise, da es auch vorzügliche Festigkeitseigenschaften aufweist, insbesondere äußerst zähe ist, den denkbar günstigsten Baustoff für Dampfkessel, namentlich Schiffskessel abgeben, die

daraus mit einem kleinen Bruchteil ihres jetzigen Gewichtes hergestellt werden könnten, denn es ist bekannt, daß die Nietverbindungen derselben unter der Wirkung der enormen thermischen Kräfte, welche durch die starken Temperaturverschiedenheiten in den verschiedenen Stellen eines Dampfkessels hervorgerufen werden, infolge von Stauchungen und Zerrungen eine weit stärkere Beanspruchung erfahren, als durch die Spannung des Dampfes selbst. Leider ist für diesen Zweck der Preis des Materiales noch ein viel zu hoher. Aber auch für eine Reihe anderer Anwendungen ist die besondere Eigenschaft desselben von größter Bedeutung; für die Pendel astronomischer Uhren, die Unruhen und Spiralen der Chronometer, die Basisapparate für geodätische Messungen, auch Maßstäbe für metronomische Arbeiten hat es bereits weitgehende Verwendung gefunden.

Die Versuchung ist natürlich groß, dieses Material auch für die Herstellung der Maßkörper des Maschinenbaues zu benutzen; darin aber gerade würde der Mißgriff bestehen, vor welchem ich hier warnen will. Eine einfache Überlegung läßt das klar erkennen. Man denke sich wieder, wie früher, die Länge eines Maschinenteiles aus Stahl oder Gußeisen mittels eines eingeteilten Maßstabes bei erheblich verschiedenen Temperaturen gemessen. Besteht letzterer aus gewöhnlichem Stahl, so macht er eben die Ausdehnungen, bezw. Zusammenziehungen des gemessenen Gegenstandes getreulich mit und man liest an ihm also unter allen Umständen dieselbe Zahl, d. h. eine ganz bestimmte, unzweideutige Länge des Gegenstandes ab; besteht der Maßstab aber aus Nickelstahl, so bleibt seine Länge unverändert, während die des Gegenstandes wächst oder abnimmt, man findet also fortwährend andere Maßzahlen, die nur durch Rechnung in Übereinstimmung gebracht werden könnten, wozu aber eine ziemlich gute Temperaturmessung unbedingtes Erfordernis sein würde, welche doch sicher nicht Sache des Arbeiters ist. Ganz dieselben Abweichungen würden auch bei der Anwendung der gewöhnlich benutzten Endmaße, Kaliberdorne und Lehren eintreten, sich dabei aber nicht in Zahlenunterschieden ausdrücken und daher auch nicht einmal rechnerisch in Anschlag bringen lassen.

Das ganze hier im Auge zu behaltende Ziel würde eine eigenartige Verschiebung erfahren, indem nur eine Unempfindlichkeit der Maße gegen Temperaturänderungen erreicht werden, dafür aber die eigentliche Hauptsache, nämlich die hinreichende Übereinstimmung aller Messungsergebnisse, verloren gehen würde.

Vorsitzender: Dem Herrn Vortragenden habe ich den herzlichen Dank des Vereins für den sehr interessanten Vortrag auszusprechen.

2. Die Entstehung der Steinkohle.

Herr Landesgeologe Professor Dr. Potonié: M. H. Mit Freuden ergreife ich die Gelegenheit, vor diesem kundigen Kreise das in aller Kürze mitzuteilen, was wir bis jetzt über die Entstehung des wichtigsten Minerals wissen, das wir überhaupt besitzen. Gedanken über die Entstehung der Steinkohle sind seit langem und immer wieder der Öffentlichkeit unterbreitet worden. Wer das Gebiet nicht nur dilettantenhaft, sondern eingehend und wissenschaftlich pflegt, sieht bald die Schwierigkeiten desselben insbesondere durch den Umstand gegeben, dass in erster Linie drei wichtige

Digitized by Google

Disziplinen schwerwiegend mitzurechnen haben: die Botanik, die Chemie und die Geologie. Ganz nachdrücklich möchte ich von vornherein betonen, daß es sich hier, namentlich bei der so vorgerückten Zeit, nur darum handeln kann, eine ganz entfernte Idee über den sehr weitschichtigen Gegenstand zu geben.

Früher glaubte man, die Steinkohle sei ein Mineral in dem Sinne, etwa wie Quarz, Feldspath, Glimmer und dergl., also auch ebenso entstanden. Die Steinkohle sollte nämlich, durch Verdichtung des Kohlendioxyds aus der Luft, wie man sich etwa ausdrückte, hervorgegangen sein. Sehr bald sind dann aber Anschauungen aufgetreten, die den heutigen entsprechen, nach denen die Steinkohlenlager Produkte früherer Vegetationen sind. Einen hinreichenden wissenschaftlichen Nachweis für diese Anschauung hat aber erst der Botaniker und Direktor des hiesigen Kgl. Botanischen Gartens in Berlin Heinrich Friedrich Link im Jahre 1838 durch eine Abhandlung in den Schriften der Berliner Akademie der Wissenschaften erbracht, indem er durch mikroskopische Untersuchungen nachgewiesen hat, daß die Steinkohle im Prinzip ebenso wie Torf zusammengesetzt ist, insofern, als es sich bei beiden um eine homogene Grundmasse handelt, in der figurierte Partikelchen eingebettet liegen, die sich als pflanzlicher Herkunft erweisen, wie das der Botaniker jederzeit sehr leicht nachzuweisen im Stande ist. Man findet außerdem in der Kohle selbst Abdrücke u. dergl. von Pflanzenresten, besonders deutlich im Hangenden und im Liegenden der Steinkohlenlager, und zwar in einer Weise, wie wir heute die Pflanzen etwa in einem Herbarium ausgebreitet sehen, so daß also die Annahme eines weiten Transports ohne weiteres ausgeschlossen ist und es überhaupt den Eindruck macht, als seien die Objekte an Ort und Stelle dort eingebettet. Dann kommt aber noch hinzu, daß man häufig Holzkohle in der Steinkohle findet. Es ist merkwürdig genug, daß das so wenig beachtet worden ist Ich habe leider die schönen Materialien, die ich für meine Vorlesungen an der Bergakademie benutze, nicht alle mitbringen können, Sie müssen sich freundlichst mit den wenigen Objekten, die ich hierher befördern konnte, begnügen. Ich habe Ihnen einige Proben Holzkohle aus der Steinkohle mitgebracht.

Das Resultat der mikroskopischen und anderweitigen Untersuchung wäre also, daß die Steinkohlen ein fossiles Humusprodukt sind; wir können spezieller sagen: ein versteinertes fossiles Humusprodukt. Ich bemerke, daß z. B. diese Holzkohle, unter das Mikroskop getan, sofort ohne weiteres, ohne Präparation, die pflanzlichen Zellen zu erkennen gibt genau in derselben Weise und in derselben Form, wie etwa Holzkohle eines Streichholzes.

Ich betone das nachdrücklich, weil Sie wissen, daß heute noch immer die Tang-Theorie spukt, die Mohr 1866 aufgebracht hat, trotzdem doch der Nachweis, daß es sich in den noch figuriert erhaltenen Bestandteilen der Steinkohle um die Reste von höheren Pflanzen handelt.

Wie sind nun die Anhäufungen, welche jetzt die Steinkohlenlager bilden, entstanden? Eine Antwort auf die Frage soll ja der wesentliche Inhalt der heutigen Auseinandersetzung sein. Link, von dem wir wieder ausgehen können, sagt, daß zu seiner Zeit zwei Theorien sehr verbreitet seien, erstens die Theorie, die da annahm, daß es sich um Anschwemmungen von pflanzlichen Produkten handle, die An-

Digitized by Google

schwemmungstheorie, die später, 1883, von Gümbel in München als Allochthonie bezeichnet wurde, und zweitens die Entstehung wie Torf, die Entstehung der Materialien aus den Pflanzen, die an Ort und Stelle gewachsen sind, wo wir jetzt als Steinkohlen ihre Produkte finden, also die Torftheorie, die dann Gümbel in dem genannten Jahre als Autochthonie bezeichnet hat.

Wenn man die heutigen Lehrbücher der Geologie durchsieht, so findet man einen Teil derselben zur Theorie der Allochthonie, andere zur Theorie der Autochthonie hinneigend, wieder andere schwanken hin und her und wagen keine Entscheidung. Es ist das auffällig, da man doch glauben sollte, daß bei dem vielen Nachdenken, das unserem Gebiete gerade gewidmet ist, endlich nun eine Einigkeit erzielt sein sollte. Es findet also ein Hin- und Herpendeln statt: eine grosse Unsicherheit ist in der Wissenschaft über diesen Gegenstand vorhanden.

Wenn man sich mit unserer Frage beschäftigt, so muss man sich naturgemäß eine Idee über gewisse Zersetzungserscheinungen bilden. Zunächst ist die Verwesung zu betrachten. Unter Verwesung wollen wir eine Zersetzung organischen Materials verstehen, bei der nichts Festes zurückbleibt, also keine festen kohlenstoffhaltigen Verbindungen, keine Produkte, die irgendwie ein Kohlenlager zu bilden im Stande wären, bei der also Alles in gasförmige und flüssige Produkte übergeht, in Kohlendioxyd, Wasser usw.; es „verschwindet" alles. Unter der Zersetzungserscheinung, die wir als Vermoderung bezeichnen, wollen wir die Zersetzung unter nicht hinreichendem Sauerstoffzutritt verstehen, so daß eine vollständige Zersetzung Wasser, Kohlendioxyd usw. nicht stattfinden kann, sondern so, daß immerhin ein kohlenstoffhaltiger fester Rest zurückbleibt. Wir bezeichnen die festen Produkte, die unter nicht genügendem Sauerstoffzufluß zurückbleiben, als Moder. Es ist das, was wir in feuchten Wäldern auf dem Boden erblicken, in dem Parkboden die schwarze Färbung; unter Umständen bilden sich mächtigere Lager von Moder.

Dann käme die Vertorfung. Unter Vertorfung hat man zu verstehen die Zersetzung der organischen Bestandteile zunächst in derselben Weise wie bei der Bildung des Moders, also unter Zutritt von Sauerstoff, aber doch nicht unter genügendem Zutritt dieses Elements, so daß also ein zum Moder hin tendierendes Produkt aus dem Material hervorgeht. Da nun aber in den Mooren, die gerade dem Vertorfungsprozeß unterliegen, das Pflanzenwachstum so fortschreitet, daß eine Anhäufung von Humus — hier Torf genannt — dadurch stattfindet, daß die neuen Pflanzen-Generationen immer auf den in Zersetzung begriffenen Leichen der Vorfahren emporspriessen, so wird dadurch ein immer weitgehenderer Abschluß für die darunter befindlichen, in Zersetzung begriffenen pflanzlichen Bestandteile erreicht und schließlich ein vollständiger Luftabschluß, und das wäre der vierte Prozeß, den wir zu unterscheiden haben, der Prozeß der Fäulnis. Es ist für uns gleichgültig, ob für andere Zwecke der Begriff der Fäulnis zweckdienlicher anders zu definieren sein würde; wir wollen als Fäulnis im Anschluß an Liebig die Zersetzung organischen Materials unter vollständigem Luftabschluß definieren. In der Wirklichkeit sind die genannten Prozesse fast niemals vollständig rein vorhanden, sondern gehen ineinander über und durchkreuzen sich.

Bei den beiden Prozessen der Vermoderung und Vertorfung wird, wie gesagt, Moder und Torf erzeugt und, da eine Anreicherung an Kohlenstoff bei diesen Prozessen stattfindet, würden wir schließlich Produkte erhalten, deren fortschreitende Zersetzung man wohl zweckdienlich als Verkohlung zu bezeichnen hätte. Bei der bloßen Fäulnis hingegen wird der Kohlenstoff nicht in gleicher Weise angereichert wie beim Vermodern und Vertorfen, sondern es bleiben sehr viel mehr Wasserstoff- und andere Elementarbestandteile zurück, so daß nicht dieser hohe Kohlenstoffprozentsatz in dem schließlich resultierenden Material vorhanden ist, wie bei der Vermoderung und bei der Vertorfung. Wir erhalten andere Produkte, die wir Bitumina nennen wollen. Es ist also kein Prozeß der Verkohlung, der hier stattfindet, sondern ein solcher der Bituminierung, wie man wohl am zweckmässigsten sich ausdrücken wird.

Wie sind nun die Materialien, die den genannten Prozessen unterliegen, dort hingekommen, wo wir sie jetzt finden? Die Erscheinungen, die bei der Anschwemmung und Bildung an Ort und Stelle unter heutigen Verhältnissen zu beobachten sind, müssen wir kennen, um mit Hilfe dieser Kenntnis ein fossiles Lager, ein Steinkohlen- oder Braunkohlenlager oder sonst ein Kohlenlager beurteilen zu können, um an den Eigentümlichkeiten dieser Lager und ihres Hangenden und Liegenden zu erkennen: wie stimmen sie mit den rezenten Vorkommen überein oder worin weichen sie ab?

Es ist wichtig, festzuhalten, daß bei einem Transport von pflanzlichen Teilen eine Zerkleinerung oder mindestens eine Deformierung derselben statthat durch die mechanischen Insulte, die durch das Anstoßen an Ufer, Küsten und durch die Wasser-(Wellen-)Bewegung gegeben sind.

Als Häcksel bezeichnen wir das zerkleinerte Material und zwar besitzen die einzelnen Stücke unter einander etwa gleiche Grösse: sie sind kleiner, wenn die mechanischen Insulte ständiger wirken konnten, größer bei geringerer Inanspruchnahme. Die bekannten zahlreichen Baumstämme, die beim Transport der Kronen und Wurzeln beraubt an den Strand geworfen werden, wie Baumstämme aus Mittelamerika, die der Golfstrom an Küsten Nordeuropas absetzt, gehören in paläobotanischem Sinne zum Häcksel. Erhaltung als Häcksel ist natürlich ausschlaggebend für die Erkennung des Transports der Pflanzenteile. Wo wir fossilen Häcksel finden, haben wir Transport anzunehmen.

Bei einem Transport über Meer ist irgend eine Anreicherung von organischem Material auf dem Boden des Meeres nicht zu beobachten. Die Mohr'sche Tang-Theorie, die ich vorhin erwähnte, geht unter anderem davon aus, daß die großen losgerissenen Tangmassen, die über das Meer geführt werden, schließlich untersinken und daß diese Massen schließlich auf dem Boden des Meeres in tausenden und abertausenden von Jahren sich anhäufend, Humusmassen bilden sollen, die endlich zu Kohlenlagern würden. Es ist dies aber eine bloße, durch die Erfahrung nicht bestätigte Annahme, denn es sind bei Dretschungen im Meere Humusbildungen auf dem Grunde desselben nicht beobachtet worden. Es ist das erklärlich; denn in dem Meere findet eine unablässige Bewegung statt. Es ist steter Fluß vorhanden, der ständig Sauerstoff auch in die tiefsten Tiefen des Meeres führt, so daß kein Verkohlungsprozeß stattfinden kann, sondern wesentlich nur eine Verwesung möglich ist, d. h. eine Zersetzung nach der

Digitized by Google

Richtung, daß nur Wasser, Kohlendioxyd und dergleichen entstehen, aber keine festen kohlenstoffhaltigen Produkte zurückbleiben können. Nur wenn gedriftete Pflanzenteile rechtzeitig unter Bedeckung und damit unter Luftabschluß geraten, können — aber das ist vergleichsweise untergeordnet der Fall — Humuslager entstehen.

Unter den Produkten der Humusbildungen sind gewisse in Wasser löslich (die „Humussäuren"); diese werden dann gern von Bächen und Strömen fortgeführt. Das ist auch ein Transport von organischem Material und es ist angenommen worden, daß solche Wässer, die „Schwarzwässer", durch Niederschlagen der Humussäuren, die sie in Lösung enthalten, die Steinkohle gebildet hätten. Schwarzwässer sind in Brasilien häufig, (der Rio negro hat von der braunen Farbe seinen Namen), im Harze (die Ilse), in Schottland usw. können sie beobachtet werden; der Kongo gehört zu den Schwarzwässern usw. Sowie diese Wässer aber auf das Meer hinauskommen und auch während ihrer Bewegung zum Meere zersetzen sich die organischen Bestandteile, es bleibt „Nichts" übrig. Konstatiert sind solche Ablagerungen im freien Meere nirgends.

Wir betrachten nun die Erscheinungen der Bildung von Humus an Ort und Stelle. Man muß aquatische und terrestrische Autochthonie unterscheiden.

Bei der aquatischen Autochthonie kommt es auf das Vorhandensein von stagnierendem Wasser an. In einem bewegten Wasser wird eine Humusablagerung, wie schon angedeutet, niemals stattfinden; es sei denn, dafs die Wasser Ansammlungen von organischem Material rechtzeitig durch Bedeckung mit mineralischem Sediment abschließen. In einem stagnierenden Wasser hingegen, das ja in seinen unteren Partien keinen Sauerstoff enthält oder dem nur minimale Quantitäten davon zugeführt werden, sind die Bedingungen vorhanden, um organische Materialien so von der Luft abgeschlossen zu halten, daß eine Bituminierung stattfinden kann. In der Tat findet man in allen den Gewässern, die man als mehr oder weniger stagnierende ansehen kann, die organischen Bestandteile der Organismen, die einmal im Wasser gelebt haben, wie Fische und viele andere Tiere, Pflanzen, unter diesen auch Algen mehr oder minder weitgehend erhalten bezw. so zersetzt, das kohlenstoffhaltige feste Reste zurückbleiben. Das entstehende Gestein ist ein Schlamm, und da sich dieser organische Schlamm unter Fäulnisbedingungen befindet, nennen wir ihn Faulschlamm, um uns der Terminologie anzupassen, die wir nun einmal besitzen: Vermoderung gibt Moder, Vertorfung gibt Torf und der Fäulnisprozeß führt zum Faulschlamm. Es findet sich der Faulschlamm in allen stagnierenden Gewässern, z. B. in der Havel ist er beinahe überall — wenn auch nicht rein — vorhanden. Es ist ja die Havel weiter nichts als eine Seenkette, die durch eine langsam fließende Verbindung miteinander kommuniziert.

Es ist bemerkenswert für den Faulschlamm, daß die einzelnen Bestandteile sich oft darin außerordentlich gut konservieren. Man könnte beinahe von einer Konservenbüchse sprechen. Wenn man alten Faulschlamm unter dem Mikroskop betrachtet, so kann man unter den figurierten Bestandteilen solche finden, die man für lebend halten möchte, auch wenn viele Tausende von Jahren seit der Entstehung eines solchen Faulschlammes verstrichen sind. Diese Eigentümlichkeit des Faulschlamms hat seinerzeit Ehrenberg, den bekannten Berliner Biologen, verführt, anzunehmen, daß die Bacillarien

(mikroskopische Algen, die einen Kieselpanzer besitzen), die er darin fand, noch lebten. Er sagt, es sei der Gedanke zwar weitliegend, anzunehmen, daß Berlin zum Teil auf lebenden Wesen aufgebaut sei, aber jeder Biologe werde zugeben, daß kein anderer Schluß möglich sei. Es sei erwähnt, daß Chlorophyll in altem Faulschlamm sich noch erhalten zeigen kann. Man kann unter dem Mikroskop die Chlorophyllkörper (jene gefärbten Körper, die die grüne Farbe bedingen) erkennnen und doch soll Chlorophyll nach Annahme der Chemiker eine sehr leicht zersetzliche Verbindung sein.

Ich komme nun zur terrestrischen Autochthonie. Hier sind insbesondere der Moder und der Torf in Betracht zu ziehen. Ich möchte, um ein Paradigma zu bringen, diese Bilder demonstrieren. Sie sehen hier ein Stück der Havel und zwar bei Schildhorn zu einer Zeit abgebildet, als gerade bei ausnahmsweise niedrigem Wasser das Faulschlammgestein an der Oberfläche sichtbar war. Ich bemerke, daß ich ausdrücklich Faulschlammgestein sage, weil es sich nicht um reinen Faulschlamm handelt, dem vielmehr Kalk, Ton und Sand beigemengt ist. Das Wasser ist halb stagnierend, sodaß schließlich ein vollständiges Zuwachsen desselben stattfindet. Wir haben in Ostpreußen z. B. Seen, die soweit mit Faulschlammgestein erfüllt sind, daß sie nicht mehr befahren werden können. Wenn die Anhäufung eine so beträchtliche geworden ist, daß nun auch wasserliebende Landpflanzen (Sumpfpflanzen) das Faulschlammgestein als Boden benutzen und so gedeihen können, so schieben sich diese Landpflanzen, unter denen die Röhrichtpflanzen (wie Schilf, Schachtelhalme usw.) eine hervorragende Rolle spielen, vor und bringen den See nach und nach zur vollständigen Verlandung. Ist der Boden dadurch allmählich weit genug vorbereitet, d. h. nur einigermaßen tragfähig, zu einer „Schwimmwiese“ geworden, auf der man leidlich gehen kann, so siedeln sich Bäume an; wir haben dann das, was man bei uns als Brücher bezeichnet, wovon das nächste Bild, ein Erlenbruch aus dem Grunewald, eine Vorstellung gibt.

Soweit nun diese Brücher alt genug sind, d. h. die Torfanhäufung eine ziemlich beträchtliche geworden ist, einige Meter Höhe gewonnen hat, etwa so, daß Wasser von außen nicht mehr hinein zu dringen vermag, dann ändern sich die Bedingungen für das Pflanzenwachstum ganz wesentlich. Es ist nicht mehr die reichliche Nahrung vorhanden. Es vermögen nur noch Pflanzen zu gedeihen, die bedeutend weniger Nährstoffe brauchen und die Brücher, bei uns die Erlenbrücher und Birkenbrücher, gehen zu Grunde, um allmählich einer neuen Vegetation Platz zu machen, die hier auf dem dritten Gemälde zur Darstellung gelangt ist. Es stellt dies das Hochmoor nördlich von dem Grunewaldsee dar. Im Gegensatz zu den Flachmooren (Sumpfmoore und Brücher), so genannt wegen der flachen Ausbreitung der Oberfläche, heißen die letzgenannten Moore Hochmoore, weil sie uhrglasartig gewölbt, in ihrer Mitte höher als am Rande sind.

Ich gehe nun auf die fossilen Gesteine ein, zunächst auf die fossilen Faulschlammgesteine. Zu diesen gehört der Dysodil aus der Tertiärformation. Es ist dies ein Gestein, das gewöhnlich blättrig ist, ebenso wie älterer recenter Faulschlamm. Mit dem Streichholz entzündet, brennen beide mit leuchtender Flamme. Es werden aus dem Dysodil Öle hergestellt, die stark an Petrolea erinnern. Gehen wir zur Steinkohlenformation zurück, so haben wir „Faulkohlen“, wie die Cannelkohle, die hierher gehört. Im Habitus sieht sie oft genau so aus wie Dysodil oder getrockneter Faul-

Digitized by Google

schlamm. Es ist ein sehr hartes Material. Untersuchen wir Dysodil oder Cannelkohle oder Faulkohlengestein überhaupt mikroskopisch, so sehen wir im Prinzip genau dieselben figurierten Bestandteile wie im Faulschlamm: die kleinen Algen, die kleinen Tiere usw., nur mit dem Unterschiede, daß es sich um andere Arten handelt.

Von den Faulschlammgesteinen sind besonders drei bemerkenswert; es sind das die Faulschlammkalke, die Kieselguhre und gewisse Schlickarten. Wir kennen eine Anzahl Pflanzen, die den Kalk, der sich im Wasser in Lösung befindet, als Skelettmaterial zu ihrem Aufbau, zu ihrem Halt benutzen. Sie schlagen den Kalk in sich nieder, wie gewisse Algen (Characeen), die von den Landwirten gelegentlich herausgezogen als Kalk-Düngemittel verwendet werden. Andere Pflanzen, die dieses Kalkmaterial nicht zum Skelettaufbau in sich niederschlagen, bedingen aber doch einen Kalkniederschlag dadurch, daß sie dem Wasser Kohlendioxyd (Kohlensäure) zu ihrer Ernährung entnehmen. Solches kohlendioxydhaltiges Wasser löst Kalk besonders reichlich auf. Entziehen wir dem Wasser die Kohlensäure, so schlägt sich Kalk nieder. Hier sind solche herabgefallene Kalkschuppen zu sehen; ein feiner Regen von Kalk rieselt in den in Rede stehenden Wässern ständig hernieder. Wir erhalten durch die angedeuteten Vorgänge Kalkfaulschlamm, wie er z. B. beim Bau des Teltowkanals reichlich gefunden wurde. Diese Kalkfaulschlamme oder bei reichlicherem Vorhandensein von Kalk „Faulschlammkalke" sind zunächst ebenso schlammig wie sonst Faulschlammgesteine. Ich habe Ihnen hier einen solchen Schlamm mitgebracht, der erst beim Trocknen an der Luft feste Konsistenz gewinnt.

Wenn wir nach fossilen Gesteinen, die den kalkigen Faulschlammen entsprechen, suchen, so liegt es nahe, die bituminösen Kalke, die zahlreich in allen geologischen Formationen verbreitet sind, heranzuziehen. Wenn man einen solchen Kalk anschlägt, so bemerkt man oft den bituminösen Geruch („Stinkkalk"). Das „Bitumen" ist allermeist ab ovo darin, nicht nachträglich hineingeraten. Letzteres ist ebenso wenig der Fall wie bei den rezenten Faulschlammkalken.

Ich komme zu den Kieselguhren. Sie sind eine besondere Art der Faulschlammgesteine entstanden in Gewässern, die besonders viel Kieselsäure oder besonders wenig oder gar keine Kalke in Lösung enthielten, sodaß darin diese Kieselalgen an Stelle der Kalkalgen besonders reichlich zu leben im Stande waren. Die Panzer der Kieselalgen haben sich mit den anderen Pflanzen und den abgestorbenen Tieren (Crustaceen und dergl.) auf den Boden gesenkt und sind zu einem Gestein geworden, das nun natürlich besonders reich an Kieselsäure in der Form von Kieselpanzern ist. Es ist sehr irrtümlich, wenn man glaubt, daß es Kieselguhrablagerungen gibt, die nur und ausschließlich aus Kieselpanzern bestehen. Es haben in dem Wasser nicht ausschließlich Kieselalgen gelebt; die Kieselguhr muß denn auch erst für die Technik brauchbar gemacht werden: sie wird gebrannt. Man schüttet sie zusammen wie in einem Meiler und dann brennt sie flott wie Holzkohle und bildet das Material, das in den Handel gelangt. Verhältnismäßig reine Kieselguhren kommen in der Natur nur dort vor, wo eine nachträgliche Zersetzung und Auslaugung stattgefunden hat.

Wo mit der Faulschlammbildung gleichzeitig eine Sedimentierung stattgefunden hat, z. B. von Ton, der sich an den ruhigsten Stellen von Gewässern absetzt, die gerade

Digitized by Google

der Faulschlammbildung günstig sind, da haben wir einen Tonfaulschlamm oder Faulschlammton, wohin gewisse Schlicke gehören.

Wir wollen uns nun fragen: wie sind denn die eigentlichen Steinkohlen entstanden? Die Steinkohlen sind Glanzkohlen. Die Faulkohlen und der getrocknete Faulschlamm sind matte Gesteine. Hier zeige ich Ihnen ein Stück Steinkohle aus der Braunkohlenformation, das ich mitgebracht habe, um anzudeuten, daß nicht alle Steinkohle der Steinkohlenzeit angehört. Steinkohle kommt von der Tertiärzeit bis zum Silur und Braunkohle nicht allein in der Braunkohlenformation vor. Ich habe hier ein Stück, das unten aus einer dicken Lage Mattkohle und oben aus einer dicken Lage Glanzkohle besteht. Es stammt aus einem westfälischen Lager, das dem Paradigma entspricht, wie ich es Ihnen vorgeführt habe. In diesem Falle wurde zuerst Faulschlamm erzeugt und darüber, der terrestrischen Bildung entsprechend, Torf. Es handelte sich demnach um einen See, der zunächst durch Faulschlamm erfüllt wurde und dann verlandet ist.

Sehen wir uns die Pflanzen näher an, die in den Mooren wachsen, im Vergleich zu denjenigen, die wir aus der Steinkohlenformation kennen, so würde insbesondere darauf aufmerksam zu machen sein, daß die Moorbäume horizontal verlaufende Wurzeln besitzen, weil sie erstens das Wasser nicht in der Tiefe zu suchen brauchen und zweitens auch in größerer Tiefe eines dichten Bodens nicht atmen könnten. Daß auch die Bäume der Steinkohlenformation horizontal ausgebreitete unterirdische Organe aufweisen, zeigt sehr schön das Fossil, das sich in dem Lichthof der Bergakademie zu Berlin befindet: es ist ein großer Baumstumpf der Steinkohlenformation, dessen unterirdische Teile absolut horizontal ausgebreitet sind. Diese Ausbildungsweise hat auch einen statischen Grund insofern, als die großen schweren Pflanzen, die in dem schlüpfrigen Boden wachsen, naturgemäß einen besseren Halt finden, wenn sie unten weit ausladen.

Charakteristisch ist ferner der Etagenbau. Ich habe einen Schilfstengel mitgebracht, der hier an diesen übereinander liegenden Knoten, den verschiedenen Etagen, Wurzeln zeigt. Dieser Etagenbau ist den Moorpflanzen eigentümlich. Es ist klar, daß eine Pflanze, die bei einer geringen Einbettung ihrer unteren Partie, ihres Wurzelfußes, schon zu Grunde geht, in Mooren nicht wachsen kann. Wenn wir einen Baum wie eine Linde, eine Eiche, einen Ahorn oder dergl., auch eine Kiefer mit Erde einschütten und so den Fuß des Baumes von der Luft abschliessen, so stirbt der Baum ab. Deshalb werden Bäume, die historisch wertvoll sind, bei etwaigen Straßenerhöhungen ummauert, sodaß die Luft hinzu kann. Ich erinnere diesbezüglich an die bekannte Bittschriftenlinde vor dem Schloß in Potsdam. Die Pflanzen aber, die unbekümmert nach teilweiser Einbettung in der passenden neuen Höhe wieder Wurzeln zu bilden im Stande sind, wachsen weiter.

Der Etagenbau ist nun auch bei den Steinkohlenpflanzen beobachtet worden. Es sind Baumfarne gefunden, welche Wurzeln zeigen zuerst in einer unteren Region, dann in einer höheren Region und so fort: ein Hinweis darauf, daß die Steinkohlenpflanzen wie die heutigen Moorpflanzen sich nachträglichen Anhöhungen anzupassen wußten.

Schließlich will ich noch auf die Tatsache aufmerksam machen, daß viele Pflanzen der Steinkohlenformation stammbürtige Blüten besitzen, d. h. Blüten, die dem Stamm

Digitized by Google

ansitzen, und das ist charakteristisch für unseren heutigen tropischen Regenwald. Es steht dies wohl in Beziehung zu den Regenmengen, die ja auch in Moorgegenden viel reichlicher sind als in trockenen Gebieten. Die Blüten werden durch den Regen sehr leicht geschädigt, sodaß es vorteilhaft ist, wenn die Fortpflanzungsorgane in Regionen angebracht werden, in denen die Krone als Schirm einen Schutz gewährt.

Daß man sehr oft noch direkt nachzuweisen in der Lage ist, daß unterirdische Teile von fossilen Pflanzen sich noch in dem Boden befinden, in dem sie lebten, mag Ihnen dieses Objekt veranschaulichen. Es ist ein Schieferton-Bohrkern aus dem Liegenden eines Steinkohlenlagers; dieses Gestein bezeichnen die Engländer als underclay (Unter-Ton); es ist der Boden, der die Wurzeln und die unterirdischen Organe der Pflanzen enthält, die die Moor-Bildung eingeleitet haben. Wenn Sie den Bohrkern gemäß den Schichtungsflächen durchschlagen, so sehen Sie hier ein horizontal verlaufendes Stück, ein Stück von dem unterirdischen Horizontal-Organ, das die Paläobotaniker Stigmarie nennen. Davon gehen radial nach allen Seiten ausstrahlende zylindrische, schwächere aber lange Organe aus, die beweisen, daß die Stigmarie in diesem Gestein als es noch nicht verfestigt war, gewachsen ist.

Nun könnte man allerdings einwenden, die radial-ausstrahlenden Organe, die „Appendices", könnten ja stachelig gewesen sein. Das würde aber dem widersprechen, was wir von dem Häcksel wissen. Sie würden beim Transport abgebrochen worden sein. Auch der anatomische Bau der Appendices, den wir genau kennen, macht es unmöglich, daß dieselben heute noch strahlig von dem Hauptkörper ausstrahlend das Gestein durchziehen könnten, wenn die Stigmarie eingeschwemmt worden wäre. Wenn ich mir das Objekt lebend vorstellen wollte und aus dem Boden herausgezogen, so müßten die Anhängsel (Appendices) herunterhängen wie nasse Lappen, da sie anatomisch keinerlei feste Gewebe aufweisen, die ihnen Halt zu verleihen vermöchten. Es ist das ein unwiderleglicher Beweis dafür, daß die Stigmarien des so gewöhnlichen Underclays auch wirklich in dem Schieferton, in dem wir die Stigmarien finden, gelebt haben. Underclays finden sich gewöhnlich unter Steinkohlenlagern als Hinweis darauf, daß wir es hier mit Moorbildungen zu tun haben, die an Ort und Stelle aus Wäldern hervorgegangen sind, eine Erscheinung, die wir auch heute vor sich gehen sehen. Die Moore der Lüneburger Heide z. B. sind fast alle aus Wäldern hervorgegangen.

Wie in Torfmooren Wasserströme gewisse Teile aufarbeiten und als „Häckseltorf" („Schlämmtorf") wieder absetzen können, so ist auch gelegentlich in Braunkohlen eine Häckselkohlen-Bildung zu beobachten. Unter Umständen zerfällt diese Kohle beim Anbruch durch die Hacke sofort in die einzelnen Häcksel-Bestandteile und rieselt hinab („Rieselkohle" der niederrheinischen Bergleute).

Es würde für uns nun noch die Frage übrig bleiben: sind die Steinkohlenlager fossile Flachmoore oder fossile Hochmoore? Wir haben gesehen, daß die Flachmoore in unserem Paradigma den Hochmooren vorausgehen. Es sind die fossilen Steinkohlenmoore nach allem, was wir wissen, als fossile Flachmoore zu denken, mit den Erlen- und Birkenbrüchern zu vergleichen oder den viele Quadratmeilen großen Mooren des südlichen Amerika, den Cypressensümpfen. Mit diesen Mooren sind die Steinkohlenmoore, wenn man aus der Jetztzeit einen Vergleich sucht, in Parallele zu stellen. Erstens nämlich finden wir in den Steinkohlenlagern gelegentlich Gerölle. Wie kommen

sie da hinein? Wir kennen solche Gerölle heute in unseren Flachmooren, aber nicht in Hochmooren. Denken wir an den Spreewald, der der Typus eines Flachmoores ist und zwar in seinem ursprünglichen Naturzustand, so werden Sie begreifen, daß durch die verschiedenen Spreearme, die hineintreten, gelegentlich auch Bäume mitgeführt wurden und diese werden Geröll und Sand in ihren Wurzeln mitgeführt haben. Das ist eine Erscheinung, die man in Urwald-Gegenden besonders gut beobachten kann. Hier bei uns, wo der Schleier der Kultur alles dicht verhängt, ist die Natur oft schwierig zu rekonstruieren.

Sofern ein Moor am Rande des Meeres liegt, kann auch noch in anderer Weise Geröll hineingeraten, nämlich durch schwimmende Pflanzen des Meeres. Nehmen Sie an, daß ein Marschmoor vom Meere überflutet werde, so werden unter Umständen Gerölle hinein transportiert werden und zwar besonders leicht durch Vermittelung von Tangen. Tange wachsen nicht auf losem Grund und Boden, sondern nur auf festem Gestein. Sind es Geschiebe, die den Boden bilden, so können die Tange durch ihr geringes spezifisches Gewicht emporstrebend und -wachsend immer größere Lasten tragen und schließlich den Stein, auf dem sie gewachsen sind, emporziehen und so die Veranlassung werden, daß schließlich der Stein durch Wellen und Fluten bewegt an den Strand geworfen wird. Dieser Gesteinstransport aus der Tiefe durch Vermittelung von Tangen ist besonders schön und reich u. a. auf Helgoland zu beobachten, wo eine Unzahl von Geschieben umherliegen, denen die Algen noch anhängen. Würde am Strand ein Marschmoor sein, so würden die Gerölle hineingeschwemmt werden können. Auch das Vorkommen von Eisen- und Dolomit-Mineralien in den Steinkohlenlagern spricht für ihre Flachmoornatur. Naturgemäß können wir Eisen nur dort beobachten, wo mineralische Zuflüsse stattgefunden haben. Das ist nur in Flachmooren möglich, nicht in Hochmooren, denn aus den Hochmooren fließt Wasser heraus, keines hinein: es wird eher ausgelaugt. Wir haben keine Eisenmineralien in Hochmooren, wohl aber vielfach in Flachmooren. Endlich sprechen die großen Pflanzenformen, die die Steinkohlenflora auszeichnen, für Flachmoor-Bildungen. Sehen Sie sich den Baumstumpf an, der in der Bergakademie steht, von dem ich schon sprach! Nun, solche Pflanzen wachsen im Hochmoor nicht; hier sind nur kleine Pflanzen vorhanden wegen der geringen Nahrung, die vorhanden ist. Es ist ja der Charakter der Hochmoore, daß sie kleine Pflanzen tragen im Gegensatz zu den Flachmooren, die großen Bäumen, wie Cypressen (Taxodien) oder bei uns Erlen günstige Bedingungen gewähren. Auch Röhrichte sind in der Steinkohlenformation vorhanden wie Calamariaceen, die namentlich im Sandstein sehr häufig sind und unseren Schachtelhalm-Röhrichten unter unseren Sumpfpflanzen entsprechen. Röhrichtböden sind fossil oft zu sehen, insbesondere in der Braunkohlenformation als Boden der Kohlenlager in genau der gleichen Ausbildung wie Röhrichtböden unter Torfen. Wir haben dann unterirdische horizontal verlaufende Organe, die nach abwärts parallel zu einander die Wurzeln aussenden. Hier ist ein Stück Kalkfaulschlamm mit parallel, senkrecht zu den Ablagerungsflächen verlaufenden Schilfwurzeln und hier sehen Sie ein Stück mit Rohrichtwurzeln aus der Tertiärzeit. Diese Erscheinung ist also charakteristisch zur Erkennung, daß eine Verlandung durch Röhricht stattgefunden hat. Das ist immer wieder zu beobachten und weist darauf hin, daß in solchen Fällen das darauf folgende Lager ein Flachmoor gewesen sein muß,

da eine solche Verlandung durch Röhrichte heutzutage bei uns nur als Einleitung zur Flachmoorbildung bekannt ist.

Dann ist schließlich noch zu erwähnen, daß wir in den Gesteinen zwischen den Steinkohlenlagern gelegentlich Tiere finden und zwar auch Meerestiere. Es ist das z. B. beobachtet in England, in Oberschlesien, in Westfalen. Es entspricht das ganz und gar dem, was wir von den Strandmooren her kennen, die gelegentlich einem Meerwasser-Einbruch ausgesetzt sind, der Sedimente und Tiere als Bedeckung des Moores herbeiführt.

Ich bin am Schlusse. Ich möchte mir aber doch noch ein Wort gestatten.

In diesem Kreise wird die Frage von höchstem Interesse sein: wie wird sich die Technik helfen, wenn einmal keine Steinkohlen mehr vorhanden sind? Vorsichtig mit den in einer berechenbaren Zeit vollständig abgebauten Kohlen umgehen und rechtzeitig an Ersatz denken, das muß die Devise desjenigen sein, dem die Zukunft der Industrie am Herzen liegt.

Nun, der gegebene Ersatz sind unsere Torfe und es ist sehr die Frage, wo — für den in die Zukunft Schauenden — der größere nationalökonomische Vorteil erblickt wird: ob in der Urbarmachung d. h. in der Vernichtung aller Moore oder in ihrer Erhaltung. Es sei auch erwähnt, daß durch die mit der Beseitigung der Moore verbundene Entwässerung auch meteorologische Veränderungen verknüpft sind, die für die Kultur der anliegenden Ländereien von Bedeutung sein können. Auf der Leeseite großer Moore ist ein reichlicherer Niederschlag vorhanden, der sich mit der Entwässerung verringert. Für den Einzelnen bedeutet allerdings ein in Kultur genommenes Moor Landerwerb, für das Ganze aber ist jedes vernichtete Moor wahrscheinlich eine Schädigung; es ist dies freilich noch genauer zu untersuchen, jedoch dringend an der Zeit, daß dies geschehe. Jedes Stückchen Stein- und Braunkohle, das die Technik verwendet, bedeutet ein Zehren an einer aufgespeicherten Kraft.

Vergleichen wir einmal die Technik mit einem lebenden Organismus. Ein Lebewesen zehrt von der in ihm aufgespeicherten Kraft, allein es ersetzt dieselbe durch Nahrungsaufnahme. Die Technik aber verbraucht nur die vorhandenen Vorräte und kümmert sich nicht um den einmal notwendig werdenden Ersatz. Die stetige d. h. gesunde Weiterentwicklung der Technik kann nur statthaben, wenn der von ihr kategorisch verlangte Kraftspeicher schier unerschöpflich ist und ein solcher Speicher ist nicht durch die abgestorbenen fossilen Stein- und Braunkohlen gegeben, sondern durch den sich ständig verjüngenden, wachsenden Torf: so lange wachsend, wie die Sonne noch ihr Licht und ihre Wärme spendet!

Vorsitzender: Aus dem lebhaften Beifall, der dem Vortrag gefolgt ist, war das Interesse zu entnehmen, das die Versammlung an dem Gegenstand des Vortrages genommen hat; ich danke dem Herrn Vortragenden bestens für seine interessanten und lehrreichen Ausführungen.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Bericht über die Sitzung vom 5. Dezember 1904.

Vorsitzender: Unterstaatssekretär Fleck.

Der öffentlichen Sitzung des Vereins ging eine auf 6¾ Uhr einberufene vertrauliche Beratung der Vereinsmitglieder über Vorschläge zur Verleihung der Delbrück-Denkmünze voraus. Die Verleihung dieser Denkmünze findet zum ersten Male nach dem Tode des Staatsministers Dr. von Delbrück verfassungsgemäß durch den Vorstand des Vereins am Stiftungsfest, welches am 23. Januar gefeiert werden wird, statt.

Im Anschluß hieran erfolgte die einstimmige Wiederwahl des Vorstandes und des Kassenführers des Vereins.

Es sind demnach gewählt:

Herr Unterstaatssekretär Wirklicher Geheimer Rat Fleck, Exzellenz, als Vorsitzender,

Herr Geheimer Bergrat Professor Dr. H. Wedding als erster Stellvertreter,

Herr Professor Dr. G. Kraemer als zweiter Stellvertreter, und

Herr Generalkonsul Zwicker als Kassenführer.

Die anwesenden Herren: Exzellenz Fleck und Geheimer Bergrat Professor Dr. Wedding erklärten sich bereit, die Wahl anzunehmen.

Nach Schluß der vertraulichen Beratung wird die öffentliche Sitzung um 7 Uhr durch den Herrn Vorsitzenden eröffnet.

Sitzungsbericht:

Die Niederschrift vom 7. November wird genehmigt.

Aufgenommene Mitglieder:

Herr Chemiker Hugo Niedenführ aus Berlin, Herr Ingenieur Julius Fels aus Berlin, Herr Chemiker Johannes Hirsch aus Berlin und Herr Ingenieur Carl Mill aus Charlottenburg.

Mitteilungen des Vorstandes:

Vorsitzender: Eingegangen ist und wird vom Technischen Ausschuß vorgelegt: Die Niederschrift über die am 4. November 1904 abgehaltene 18. Sitzung des ständigen Ausschusses des Bezirkseisenbahnrats in Berlin. — Der Abgeordnete des Vereins Herr Geheimer Reg.-Rat W. Wedding hat der Sitzung beigewohnt.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: M. H.! Der technische Ausschuß hat beschlossen, Ihnen vorzuschlagen, im Januar, wie gewöhnlich, das Stiftungsfest zu feiern und zwar am Montag, den 23. Januar.

Der Tag fällt diesmal äußerst günstig: es ist bekanntlich der Montag zu wählen, welcher dem Geburtstage unseres Schutzherrn, des großen Königs Friedrichs, möglichst naheliegt. Der Saal von Huster, in welchem das Fest stattzufinden pflegt, ist bereits gesichert. Ich bitte, daß Sie für eine zahlreiche Teilnahme sorgen, um so mehr, als in diesem Jahre wieder die Delbrück-Denkmünze verteilt wird.

Wir haben Herrn van den Wyngaert gebeten, mit gewohnter sicherer Hand die Leitung der Vorbereitungen zu übernehmen, seinen bewährten Stab zu Hilfe zu nehmen und außerdem durch Kooptation die nötigen Kräfte heranzuziehen.

Vorsitzender: Da gegen die Wahl des Tages und die Wahl des Festausschusses kein Einspruch erhoben wird, nehme ich an, daß der Verein damit einverstanden ist.

Technische Tagesordnung.

Zur Kenntnis der Förder- und Lagermittel für Sammelkörper.

Herr Professor Buhle aus Dresden: Hochverehrte Herren! Unter Massentransportmitteln seien verstanden die Förder- und Lagermittel für körnige und stückige Stoffe vom Mehlstäubchen und Getreidekörnchen bis zum Kisten-, Ballen- und Tonnengut. Unter ihnen haben die größte Bedeutung die Brotfrüchte, die Brennstoffe und die Rohmaterialien, d. h. Getreide, Kohlen und Koks, ferner die Erze, Erden usw.; aber auch Erzeugnisse wie Eis, Fleisch, Baggergut, Müll, Staub und Späne, Munition, Flaschen, Briefe, Pakete, Gepäck, Akten, Bücher, Eisenträger und selbst Menschen in Warenhäusern, auf Bahnhöfen usw. gehören hierher.

Nach der Bauart der technischen Hilfsmittel unterscheiden wir beim Massentransport: I. **Fördermittel** und II. **Lagermittel.** M. H.! Es ist das eine Trennung, welche ich durchzuführen versucht habe bei der jüngst fertiggestellten Bearbeitung für das Taschenbuch der Hütte; es ist gleichsam die Trennung nach den Elementen.

Nach dem Verwendungszweck unterscheiden wir: Vorrichtungen zum Löschen und Laden von Verkehrsmitteln, besondere Einrichtungen für Kesselhäuser, Gasanstalten, Hüttenwerke usw., d. h. nach den Anlagen ist hier die Trennung erfolgt, die ich beispielsweise durchzuführen gedenke bei der 2. Auflage von Luegers Lexikon der gesamten Technik.

M. H.! Heute will ich versuchen, mit Rücksicht und gelegentlichem Hinweis auf das, was in den Verhandlungen Ihres Vereins in den letzten Jahren gebracht worden ist*), beide Einteilungsarten zu vereinen, d. h. ich möchte Ihnen einen Überblick über das umfangreiche und bedeutungsvolle Massentransportgebiet geben, indem ich nach Elementen geordnet Ihnen einige der neuesten und bemerkenswertesten Anlagen der Welt in Wort und Bild vorführen will. Einige der Abbildungen hat mein

*) 1902, S. 277 u. f.; 1903, S. 191 u. f.

erster Assistent, Herr Dipl.-Ing. Pfitzner, von einer kürzlich beendeten, prächtig verlaufenen Amerikareise mitgebracht.

Als Grundlage für die Beförderung und Lagerung von Massengütern seien zuerst einige wirtschaftliche Zahlen angeführt.

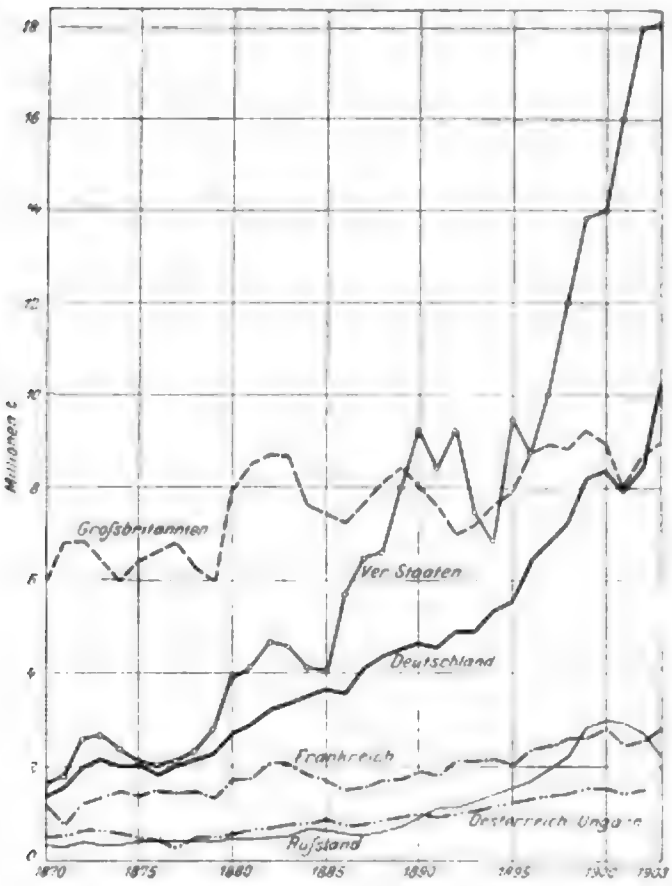


Fig. 1. **Roheisen-Erzeugung der wichtigsten Länder.**

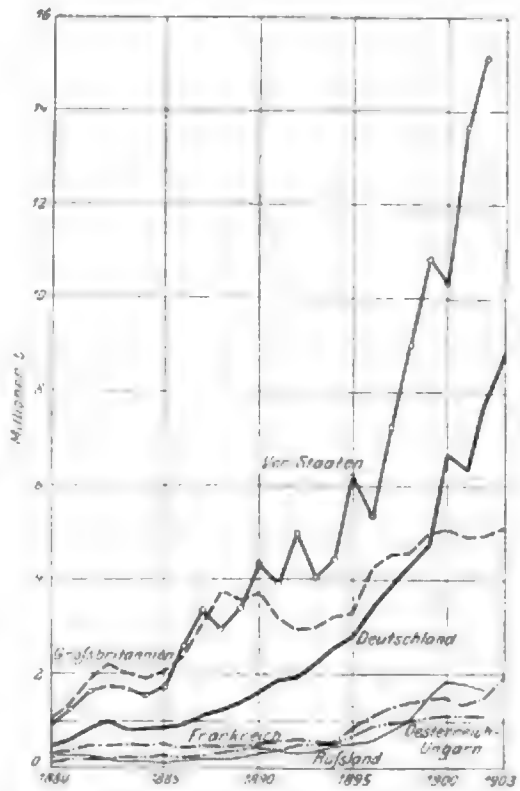


Fig. 2. **Stahlerzeugung der wichtigsten Länder.**

Fig. 1*) zeigt die Roheisenerzeugung der wichtigsten Länder; die Vereinigten Staaten stehen mit 18 Millionen Tonnen i. J. 1903 an der Spitze; es folgen Deutschland mit 10 und Großbritannien mit 9 Millionen Tonnen. In der Hervorbringung von Stahl folgen sich die genannten Länder (Fig. 2) mit etwa 16, 9 und 5 Millionen Tonnen. Fig. 3 veranschaulicht die Erzeugung und den Verbrauch an Roheisen in Deutschland allein, und Fig. 4 stellt die Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren von Deutschland sowie nur von Eisen für die drei bisher in Vergleich gezogenen Länder dar. Hier stand

*) Stahl u. Eisen 1901, S. 490 u. f. sowie Z. d. V. d. I. 1904, S. 767.

Digitized by Google

bis 1900 Großbritannien weitaus an erster Stelle; im Jahre 1903 hat Deutschland sich an die Spitze gesetzt mit rund 3 600 000 t.

Welche kurze Zeit oft ausreicht, um infolge von Zöllen, Mißernten, neuen Transportlinien und dergl., z. B. auf dem Getreidemarkt große Veränderungen zu

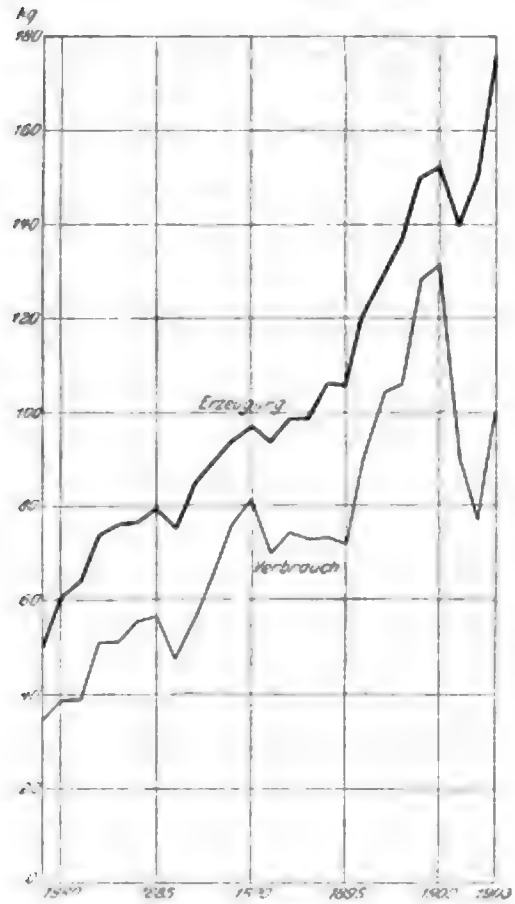


Fig. 3. **Erzeugung und Verbrauch von Roheisen in Deutschland.**

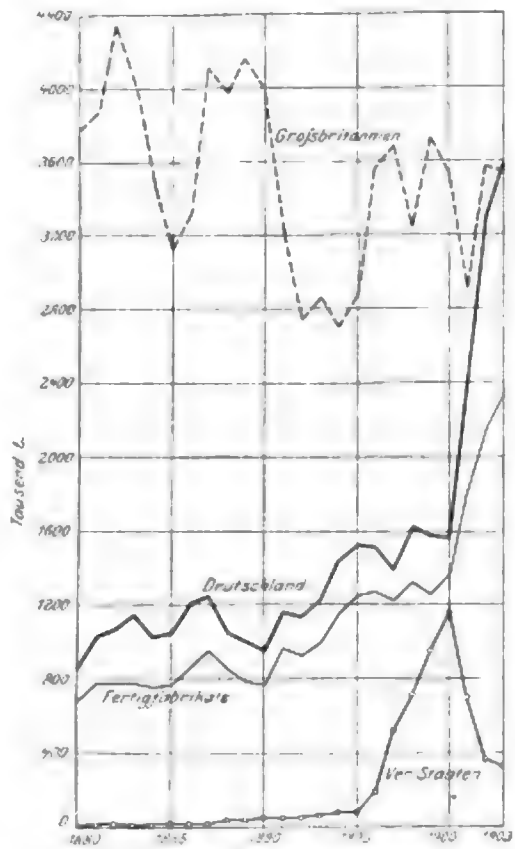


Fig. 4. **Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren.**

bewirken, geht aus Fig. 5 hervor, welche den bedeutenden Rückgang in der Maislieferung für England aus Europa im Jahre 1895 und zugleich die gewaltige Zunahme der Ausfuhr aus Nord- und Südamerika wiedergibt.

M. H.! Dabei sei nicht vergessen, daß diese Zahlen nur etliche Beispiele geben, und die Ziffern für die Mengen der eigentlichen Rohstoffe, welche insgesamt mehrfach umzuladen und zu lagern sind, um ein Vielfaches größer ausfallen würden.

Wir wollen nun in die Besprechung der Fördermittel eintreten und unterscheiden solche für

A. Einzelförderung in verhältnismäßig kleinen Mengen.

B. Stetige Förderung.

Digitized by Google

Jede Gruppe werde unterteilt in:

a) wagerechte oder schwach geneigte Förderung,
b) senkrechte oder stark geneigte Förderung,
c) beliebig gerichtete Förderung.

Fig. 5.

Bei über etwa 100 m langen Förderwegen werden die Kosten von stetig arbeitenden Anlagen zu groß, und die Überwachung wird unbequem; die Betriebssicherheit leidet, die Bruchgefahr wächst mit der Zahl der Einzelteile, und die gleichmäßige Materialzuführung wird schwierig. Daher ist in solchen Fällen eine Einzelförderung geboten in Gefäßen, deren Inhalt in der Regel $^1/_2$ bis 2 t nicht überschreitet. Ausnahmen bilden die großen Selbstgreifer, einige Gichtaufzugwagen und die Schnellentlader der Vollbahnen.

Die zuletzt genannten Fördermittel, auch Selbstentlader genannt, gehören in die Gruppe der in vorwiegend wagerechter Richtung bewegten Elemente der bodenständigen Bahnen, d. h. gleislosen Bahnen sowie der Bahnen mit Schienengleisen auf dem Erdboden oder auf Gerüsten. Während die Goodwin-Wagen in Amerika wie die Talbot-Wagen in Europa nach der Seite entleeren, schütten die Selbstentlader der Schoen Pressed Steel Co., Pittsburg, sowie die der Wellman-Seaver-Morgan Co., Cleveland, nach unten aus. Die Firma Koppel, Berlin, baut beide Systeme und zwar sowohl für Vollspur als für leichte Baugleise.

Auch Landfuhrwerke für Getreide, Kohlen und neuerdings namentlich für Müll und Kehricht werden als Selbstentlader gebaut. In den Vereinigten Staaten werden zweiräderige deichsellose Kornwagen auf die bei Speichern und Mühlen gebräuchlichen Kippvorrichtungen gefahren, und es wird ihr Inhalt in ähnlicher Weise ausgeschüttet, wie es bei den bekannten Kohlenkippern für Eisenbahnwagen geschieht, auf die wir noch zu sprechen kommen. Die Pferde bleiben angeschirrt.

Die Berliner Elektrizitätswerke benutzen automobile Kohlenwagen, um die zum großen Teile in Moabit gelöschten Kohlen nach ihren im Innern der Stadt Berlin gelegenen Krafthäusern zu befördern. Der nach hinten geneigte Boden gestattet eine schnelle Entleerung.

Digitized by Google

Die Müllfrage endlich bereitet, wie Sie wissen, M. H., den Stadtverwaltungen noch heute große Schwierigkeiten; neben der Beseitigung und Verwertung spielt der staubfreie Transport die größte Rolle. Eine hygienisch einwandfreie, technisch richtige und finanziell zufriedenstellende Beseitigung ist wohl vielfach bereits angestrebt, aber (außer von Hamburg und vielleicht von Frankfurt a. M.) bisher m. W. nirgends völlig erreicht, handelt es sich doch um beträchtliche, sehr ungleichförmige und daher mög-

Fig. 6. **Müllwagen der Stadt Frankfurt a. M.**

lichst an der Entstehungsstelle vorhand zu sichtende, zunächst meist wertlose Massen. In diesem Zusammenhange möchte ich kurz die Frankfurter Anlagen streifen. Die Erfahrungen mit dem in Fig. 6 veranschaulichten, von Brink in Cassel gebauten Selbstentlader lassen sich kurz dahin zusammenfassen*):

1. Der Wagen eignet sich zur Aufnahme jeglicher Art und Größe von Abfällen, insbesondere zur Entfernung von Straßenkehricht und Morast, Hauskehricht, gewerblichen Abfällen, Schlamm, Schnee usw.

2. Er kann mit 2,6 bis 4,2 cbm nutzbarem Inhalt beladen und ein- oder zweispännig gefahren werden.

*) Vergl. Das städtische Tiefbauwesen in Frankfurt a. M. (Stadtbaurat Kölle), 1903, S. 47 u. f.

3. Er ist sowohl im Sammelgebiet als auch zur direkten Abfuhr nach Lagerplätzen in der Nähe der Städte verwendbar, auf welchen er durch Kippvorrichtung sehr einfach von einem Mann schnell entladen werden kann.

4. Der Wageninhalt kann aber auch leicht in Schiffe umgeladen oder in Verbrennungsanstalten verbracht werden, indem der Wagenkasten vom Untergestell abgenommen, durch Krane gehoben und nach unten entleert zu werden vermag.

5. Der obere Wagenkasten läßt sich — gefüllt oder leer — vonhand wagerecht auf besonders dafür gebaute Straßenbahn-Untergestelle überschieben und damit sein Inhalt auf größere Entfernungen, sei es zur Sortierung oder landwirtschaftlichen Verwertung, sei es zur Vernichtung durch Verbrennung befördern.

Dazu sei bemerkt, daß die Beseitigung des Kehrichts mit Pferden über 5 km hinaus im allgemeinen als unwirtschaftlich angesehen wird, und ferner, daß die Bauart der Kehrichteimer ebenfalls von großer Bedeutung für diese Frage ist.

Endlich sei noch in diesem Zusammenhang der sogenannten „Rapid Unloader" der Lidgerwood Manufacturing Co.*) gedacht, die mit Hilfe eines von einer Dampfwinde mittels Seiles gezogenen Pfluges Erdtransport-Eisenbahnwagen durch Seitenklappen hindurch oder direkt über die Plattformränder hinweg entladen. Die Maschine entnimmt den Dampf dem Kessel der Lokomotive, welche, wenn es sich um die Entladung an einer bestimmten Stelle handelt, der Pflugbewegungsrichtung mit gleicher Geschwindigkeit entgegenfährt. Besonders bei Dammbauten, Gleisverlegungen usw. ist dieses Verfahren in Amerika bereits sehr verbreitet. In einem mir bekannten Falle handelte es sich um die Verfüllung eines rund 400 m langen Hilfsgerüstes für einen Damm von 160 000 cbm Inhalt. Die Förderkosten beliefen sich auf rund 25 Pf. für den Kubikmeter.

Handelte es sich bei den soeben besprochenen Anlagen um Betriebsmittel, die sich auf zur ebenen Erde liegenden Laufbahnen bewegen, so möchte ich unter Hinweis auf die eingehenden Darstellungen, welche im Oktober des Vorjahres an dieser Stelle über Drahtseilbahnen geboten wurden, nur kurz einiges über Hängebahnen ausführen.

Recht bedeutende Erdarbeiten werden meist nötig bei der Herstellung von Wasserleitungen und Entwässerungsanlagen, und dabei darf nicht unbeachtet bleiben, daß damit Förderungen und Lagerungen von oft nicht unbeträchtlichen Mengen von Baustoffen wie Steinen, Mörtel, Röhren und dergl. verbunden sind.

Mechanische Vorrichtungen zum Ausheben und Verfüllen von Baugruben für Rohrleitungen, Siele usw. sind insbesondere gebaut von H. A. Carson, Boston, von der Brown Hoisting Co., Cleveland, u. a.

Diese Maschinen**) sind in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika deshalb so verbreitet, weil die Ausführung der Bauarbeiten ohne die bei uns oft überaus unangenehm fühlbare Störung, ja sogar nicht selten lang anhaltende Sperrung des öffentlichen Straßenverkehrs vor sich geht. Bei uns zu Lande wird mit einem bekanntlich

*) Vergl. auch Z. d. V. d. I. 1904, S. 1368.

**) Zentralblatt der Bauverwaltung 1900 No. 59; vergl. auch des Verfassers Buch: Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern (Julius Springer, 1901), Teil I, S. 95 u. f.

Digitized by Google

sehr geringen Nutzeffekt und überaus langsam und teuer meist vonhand ausgeschachtet, gefördert und verfüllt und zwar in der Querrichtung; durch jene Maschinen geschieht das in größeren Mengen, schnell und billig in der Längsrichtung.

Das amerikanische Straßenbild läßt eine in unseren Städten bei derartigen Arbeiten leider unbekannte Sauberkeit erkennen. — M. H.! Es liegt mir vollständig fern, alles was aus Amerika kommt, zu loben und anzuerkennen; aber diese Einrichtungen verdienen es wirklich, einmal bei uns eingeführt und probiert oder in ähnlicher Weise z. B. als Elektrohängebahnen ausgeführt zu werden.

Ohne im einzelnen auf die leicht verständliche Konstruktion einzugehen, will ich nur kurz bemerken, daß die Fortbewegung der zur Aushebung kommenden Erde ausschließlich durch Eimer oder Kübel erfolgt, von denen vier, sechs oder mehr in der Baugrube gefüllt und zu gleicher Zeit d. h. gemeinsam hochgewunden werden, um in der Richtung des Kanals so weit als nötig verfahren und an passender Stelle durch Kippen entleert zu werden. Die Beförderung des Baumaterials sowie das Verfüllen geschieht in umgekehrter Weise. Als Kraftquellen dienen Dampfmaschinen oder Elektromotoren mit Doppeltrommelwinden oder, wenn die Straße in der Baurichtung steigt, einfache Winden unter Benutzung der Schwerkraft zum Rücktransport.

Gerade wo — wie in manchen Städten — stark geneigte Strecken wechseln mit ebenem Gelände, sind die elektrischen Hängebahnwagen, zumal wenn sie mit Seilkuppelungen versehen sind, ausgezeichnet für diesen Zweck zu verwerten. Es lassen sich unter Umständen die Steigungen durch Vergrößerung des Neigungswinkels auf kurze Strecken zusammenschieben, und dort läßt man alsdann selbsttätig die massebehafteten Zugseile wieder eintreten, während auf den weniger stark geneigten Abschnitten die Arbeit „masselos“ elektrisch übertragen wird, Kurven und Weichen ohne die geringsten Schwierigkeiten beherrscht werden. Durch Anbringung eines Hubmotors an jedem Wagengestell wird die Beherrschung des Raumes vollkommen.

Eine hervorragende Rolle spielen die Hängebahnen im Schlachthofbetrieb*), in Kühlhallen usw., für welche ich als das mir bekannte großartigste Beispiel die Anlagen der Armour-Gesellschaft in Chicago anführen möchte. Nur durch nahezu selbsttätig arbeitende Aufgabe- und Fördereinrichtungen ist es möglich, daß z. B. jede sechste Sekunde ein Schwein gestochen und in stetiger Bewegung verarbeitet wird.

Wir wollen nun übergehen zu der senkrechten bezw. stark geneigten Förderung in verhältnismäßig kleinen Mengen.

Für die Förderung von unten nach oben sei hingewiesen auf die hier zu übergehenden bekannten Gichtaufzüge usw.; für den Transport von oben nach unten bieten die sogenannten Kipper die nächstliegenden Beispiele. Von den zahlreichen in jüngster Zeit ausgeführten derartigen Bauten sei eine typische Anlage von A. Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis ausgewählt.

Handelt es sich darum, Kohlen oder Erze auf mechanische Weise aus gewöhnlichen Eisenbahnwagen in einen erhöht über dem Gleise angeordneten Füllrumpf zu

*) Vergl. des Verfassers Bericht über die Dresdener Städteausstellung 1903 in Glasers Annalen 1904, I, S. 14 u. f.

verladen, der vielleicht auf der einen Seite mit Verschlüssen und Rutschen versehen ist, durch welche das Material in Spezialwagen zum Weitertransport abgezogen wird, so eignet sich bestens dafür ein Kipper mit anschließendem elektrischen Aufzuge, wie es auf Tafel A Fig. 7 u. 8*) darstellen. Ein Kübelwagen drückt bei der Abwärtsfahrt zunächst eine vordere, um denselben Aufhängepunkt wie die hintere Kipperplattform drehbare Klappbühne abwärts und dreht erst, wenn er in die richtige Lage zu dem Eisenbahnwagen gekommen ist, das Wagenplattform-Aggregat um einen Winkel von etwa 45°. Das herausfallende Erz wird durch eine vorn auf der Plattform angebrachte Schurre geführt. Der Inhalt des Kübels ist mit reichlich 10 cbm bemessen, sodaß 20—23 t Erz in ihm Aufnahme finden. Zur Aufhängung und Bewegung des Kübelwagens werden Gallsche Ketten verwendet. Der Antrieb des Aufzuges erfolgt durch zwei gekuppelte Drehstrommotoren von je 75 PS. Das Stürzen des Kübels über den Rumpf, der einen Inhalt von etwa 50 cbm besitzt, erfolgt durch eigenartige Führung mittels an dem Kübel angeordneter Rollen derart, daß die Entleerung nicht plötzlich an ein und derselben Stelle eintritt, daß vielmehr der Kübelinhalt gestreut und gleichmäßig in dem rund 8 m langen Rumpf verteilt wird.

Zu der Gruppe der in beliebiger Richtung nicht stetig arbeitenden Fördermittel gehören als wichtigste die Drehkrane und die Hochbahn- oder Brückenkrane, Verladebrücken oder amerikanischen Verlade-Einrichtungen. Auch darüber hat der vorjährige Vortrag Vorzügliches gebracht, und ich möchte daher nur, um den Zusammenhang zu wahren, hinweisen auf die großartigen Anlagen an den nordamerikanischen Seen, die ein Bild von dem gewaltigen Maßstab geben, mit dem hier gearbeitet wird, und einen Einblick gewähren in den mit außerordentlichen Mitteln geführten Wettbewerb auf dem friedlichen Gebiete von Handel und Industrie.

Ein weiteres Beispiel zeigt Fig. 9 in der Anwendung solcher Auslegerkräne auf dem Bau des Chicago-Abzugskanales. Die 102 m langen Brücken fuhren auf einem Doppelgleis von 11,25 m Mittenentfernung und vermochten den Ausbruch bis auf etwa 25 m über Geländesohle zu fördern.

Aber die Entfernungen, auf welche Materialien mit ein und derselben Verladevorrichtung befördert werden müssen, sind nicht selten so beträchtlich, daß eiserne Brückenkonstruktionen zu kostspielig werden, oder wegen der erforderlichen großen Spannweiten überhaupt nicht ausführbar sind. Vor solche Aufgaben gestellt hat man, um nicht überhaupt auf maschinelle Verladung verzichten zu müssen, in der Vereinigten Staaten von Amerika schon seit einer Reihe von Jahren Kabelhochbahnkrane**) gebaut, bei denen ein zwischen zwei feststehenden oder fahrbaren Stützen gespanntes Drahtseil die Verladebrücke ersetzt.

Bei einer von A. Bleichert ausgeführten Anlage in Danzig***) (Fig. 10, Taf. A) zum Verladen von Kohlen aus Seeschiffen auf einen Lagerplatz und umgekehrt, vom Lager in See- oder Flußschiffe oder zum Umladen aus Seeschiffen in Flußschiffe beträgt die

*) D.R.P. No. 124 185.

**) Auch Cable Hoist oder Blondin genannt.

***) Für Herrn Joh. Busenitz Nachf.

Spannweite zwischen den fahrbaren Stützen 160 m; der aufklappbare Ausleger hat eine Länge von 12 m. Die Förderkübel fassen 1 t und entleeren sich selbsttätig beim Aufsetzen auf das Lager. Eine zwischen dem Ufer und dem Lagerplatz liegende öffentliche Fahrstraße wird durch eine Schutzbrücke unter dem Tragseil überspannt.

Fig. 9. **Ausleger-Krane am Chicago-Abzugskanal.**

Namentlich für große Ingenieurbauten sind diese Luftseilbahnen vorzüglich geeignet; ich nenne als Beispiele den Abbruch und Neubau von Brücken, weise ferner hin auf die Errichtung von Hochbehältern und Leuchttürmen, erinnere an Flußregelungen und Kanal- und Uferbauten, Talsperren u. dergl., an die Verladungen auf Steinbrüchen usw.*)

M. H.! Eine sich hier zur Besprechung passend einfügende Frage von zunehmender Bedeutung, an deren Lösung gegenwärtig eifrig gearbeitet wird, ist die Bekohlung einer Flotte auf hoher See. Viel über 16 000 Seemeilen (rund 30 000 km) werden bei 10 Knoten Durchschnittsgeschwindigkeit (rund 18,5 km/st) von nur wenigen Kriegsschiffen zurückgelegt; daher die m. W. zuerst im Jahre 1895 auftretenden und

*) Vergl. auch Dinglers polyt. Journal 1904, S. 728 u. f.

in den letzten Jahren sich stetig steigernden Versuche und Übungen hinsichtlich der Bekohlung auf hoher See — womöglich während der Fahrt.

Im Juli 1895 nahm der französische Dampfer Richelieu während einer Fahrt von 6,5 Knoten in drei Stunden 9,1 t Kohlen mit einem Temperley-Förderer auf.

Neuere praktische Versuche, welche von der Temperley-Gesellschaft*), London, im Auftrage der Britischen Admiralität angestellt sind, haben ergeben, daß ein zweckentsprechend ausgerüstetes Schiff unter nicht zu ungünstigen Witterungsverhältnissen stündlich bis zu 100 t auf ein Kriegsfahrzeug umladen kann.

Im September 1899 wurde bei der Amerikanischen Marine eine von Woodward ausgebildete Vorrichtung folgender Art erprobt**). Der Kohlendampfer Marcellus befand sich in etwa 90 bis 120 m Entfernung von dem Kriegsschiff Massachusetts mit letzterem durch eine Schlepptrosse verbunden; beide Fahrzeuge fuhren mit 5—6 Knoten. Das Laufseil für den die Kohlensäcke tragenden Wagen führte vom Schlachtschiff über ein Gerüst nach dem Vormast des Kohlendampfers über den Großmast hinaus nach einem hinten im Wasser nachschleifenden, kegelförmigen, vorn offenen Sack aus Segeltuch, der den Zweck hat, das Tragseil in steter Spannung zu halten. Der Durchmesser dieses Sackes, welcher von der Fahrgeschwindigkeit abhängig ist, betrug im vorliegenden Fall 2 m. Das mit der Katze gekuppelte Zugseil ging von der einen Trommel einer Zweitrommel-Dampfwinde des Kohlenschiffes über eine am Vormast angebrachte Rolle nach einer Rolle am Heckgerüst des Kriegsschiffes und zurück nach der zweiten Trommel der vorerwähnten Winde. — Durch An- und Abkuppeln der zwei Trommeln mit der Antriebsvorrichtung der Winde wurden die vollen Säcke nach vorn, die leeren zurückbefördert, so zwar, daß stündlich 20 t Kohlen an Bord des Panzers gelangten.

Fig. 11 erläutert, wie mittels einer Drahtseil-Verladevorrichtung der Temperley-Gesellschaft bei einer Fahrt von 10 Knoten in der Stunde Kohlen von dem Transportschiff Muriel auf das Kriegsschiff Trafalgar übergeladen werden. Auch hier dienten Säcke dazu, die Kohlen aufzunehmen. Das Laufseil war unmittelbar an dem (sich am nächsten stehenden) Hintermast des Kriegsschiffes und an dem Vordermast des Kohlendampfers befestigt; eine Winde bewirkte selbsttätig, daß ein etwa nötig werdender Spannungsausgleich im Tragkabel erfolgte; eine Beanspruchung, welche größer ist als die zur Unterstützung der Katze erforderliche, kann nicht eintreten. Das Verholen der letzteren geschieht wie in dem schon erwähnten Beispiel.

Bei einer Entfernung der Schiffe von etwa 90—120 m dauerte ein Spiel etwa 45 Sekunden, dabei wurden 30—60 t in einer Stunde übernommen. Die Installation dauerte 20 Minuten, die Abrüstung 15 Minuten, und größtenteils ungeübte Leute führten die Manöver aus.

Damit verlassen wir die Einzelförderung in verhältnismäßig kleinen Mengen und gehen über zu der **stetigen Förderung.**

---

*) Die Vertretung der Temperley-Gesellschaft für Deutschland hat die Fabrik Arthur Koppel, Berlin und Bochum.

**) Z. d. V. d. I. 1900, S. 456.

Digitized by Google

Als Beispiel für eine ganz neuartige Verwendung von Gurtförderern oder Transportbändern (Reuleaux nennt sie „Schleppriemen“) sei eine von der Robins-Gesellschaft in New York errichtete Anlage der O. Rourke Engineering Construktion Co. in Rikers Island, N. Y., gewählt, wo täglich 3000 bis 4000 cbm Müll, Kehricht, Asche und Schutt aus Schiffen ausgeladen und auf einer großen Fläche niedrig gelegenen Landes ausgebreitet werden. Die Schiffe werden durch ein Paar Krane mittels vierschaliger Greifer in einen Hochbehälter entladen, welcher einen kurzen, 1520 mm (über 1½ m!) breiten Gurtförderer speist. Derselbe trägt das Sammelgut zu einem

Fig. 11. **Drahtseil-Verladebahn der Temperley-Gesellschaft (London).**
[A. Koppel-Berlin.]

rund 600*) m langen Verteilungsband. Der Antrieb befindet sich am Aufgabeende, und der ganze Förderer wird gleichsam als Halbmesser eines Halbkreises mit der fortschreitenden Arbeit seitlich bewegt. Der Längsförderer gibt seine Last ab durch einen beweglichen Abwurfwagen, welcher seinerseits einen der Gesellschaft patentierten Querförderer trägt, durch welchen der Schutt auf eine ziemlich beträchtliche Entfernung nach der Seite geworfen wird. — Das geförderte Material wird „offiziell“ als Asche bezeichnet, besteht aber in Wirklichkeit zum größeren Teil aus Scherben, Möbel-, Tapeten- und Stoffresten, Abfällen, Büchsen und wertlosen Lumpen, d. h. eigentlich jeder Gegenstand, den New York ausscheidet, findet seinen Weg über diese Bänder. M. W. ist das die erste und einzige Anlage dieser Art, welche sich im übrigen recht gut bewährt haben soll.

*) 300 m Entfernung der Endscheiben-Mittel

Ein außerordentliches Beispiel für die Verwendung einer Schnecke bietet Fig. 12, welche eine zur schnelleren Wagenentladung von der Link Belt Co., Chicago (Vertreter W. Fredenhagen, Offenbach), vielfach verwendete Einrichtung zeigt. Eine mit Rechts- und Linksgewinde versehene Schnecke bringt durch ihre Drehung das Material nach der Mitte der Wagen, und zwar bildet das zu schöpfende Gut selbst den Trog, der m. W. sonst nie als zweites Element des Paares „Trog und Schnecke" fehlt.—

Weiter gehören in die erste Gruppe der stetig wagrecht oder schwach geneigt fördernden Mittel die Förderrinnen und die Kratzer, von denen erstere als bekannt vorausgesetzt werden können*).

Eine größere Bedeutung, als man früher anzunehmen geneigt war, haben in den letzten Jahren auch in Europa die Kratzer in Verbindung mit Rinnen namentlich zum

Fig. 12. **Schnecke zum Entladen von Eisenbahnwagen, gebaut von der Link Belt Co. in Chicago.**

Kokstransport in unseren Gaswerken erlangt. Aus der Brouwerschen Rinne, bei der die Kratzerkörper aus einfachen Rundeisen bestanden, hat sich die ebenfalls von der B. A. M. A. G. hergestellte Merz-Rinne entwickelt**). An jedem zweiten oder dritten Kettengliederpaar sitzt ein Rechen mit Laufrollen, die auf im Innern der Rinne angeschraubten Winkeleisen laufen. Die Rechen sind entweder ganz bezw. teilweise aus Stahlguß, oder sie bestehen aus eingegossenen Schmiedeeisenzähnen bezw. auch ganz aus Schmiedeeisen. In der Rinne liegen auswechselbare gußeiserne Bodenplatten. Ausgeführt sind bereits Ketten von 140 m Länge für etwa 64 m lange Rinnen.

*) Vergl. des Verfassers Buch: Technische Hülfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern, Teil II, Abschnitt I (Verlag von Julius Springer, Berlin 1904).

**) Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1902, S. 377 u. f.

Die neueste derartige Rinne, bei welcher der Koks ganz und gar bis zur Abwurfstelle getragen wird, ist die in Fig. 13 dargestellte Bamag-Marshall-Rinne. Eine

Fig. 13. **Bamag-Marshall Koks-Rinne.**

rostartige Förderkette, die aus einzelnen, leicht auseinandernehmbaren Elementen, sogenannten Körben, besteht, kann infolge Anordnung von großen Rollen, von einem

Digitized by Google

einzigen Mann am Vorgelege gedreht werden. Ein solcher „Korb" besteht aus zwei durch Querstäbe an den Enden verbundenen Bügeln; an den Seiten sind Bleche bis zur halben Höhe befestigt, um ein Durchfallen des Koks nach der Seite zu verhindern. Die Löschung des glühenden, zunächst gegen eine fahrbare, als Schirmwand ausgebildete Schurre*) fallenden Koks geschieht rasch und allseitig, weil ein Durchsickern des Wassers durch den Rost überaus schnell ermöglicht wird. Der kleinstückige Koks, welcher durch den Rost hindurchfällt, bildet eine überaus willkommene Schutzschicht in der Rinne.

Die zweite Gruppe der ununterbrochen, senkrecht oder stark geneigt fördernden Maschinen übergehe ich, weil sie an sich zwar recht bedeutend — darum zugleich am bekanntesten ist, und weil wir sie im weiteren Verlauf des Vortrages noch wiederholt antreffen werden. Es sind das in erster Linie die Paternosterwerke oder Becherelevatoren. Wir wenden uns also gleich zur dritten Gruppe.

Zu den in beliebiger Richtung stetig fördernden Elementen gehören in erster Linie die Becherketten und Becherkabel, auch Konveyor genannt. Sie dienen gleichzeitig zum Transport in senkrechter und in wagerechter bezw. geneigter Richtung, sowohl aufwärts als abwärts, insbesondere zum Füllen von Hochbehältern in Gasanstalten, Kokereien, Krafthäusern, Lokomotiv-Bekohlungsanlagen usw.

Da indessen auch diese Anlagen hinreichend bekannt sein dürften, möchte ich hier eingehen auf einige zweckmäßig auch an dieser Stelle zu behandelnden Anlagen mit Eimerkettenbaggern, die ebenfalls zu den Konveyors zu rechnen sind.

Die Frage der Abwässerreinigung gehört in technischer und wirtschaftlicher Beziehung zu den schwierigsten und bedeutsamsten Fragen, mit welchen die Verwaltungen sich zu beschäftigen haben. Sie gilt noch keineswegs als abgeschlossen, und Ingenieure und Ärzte sind unausgesetzt bemüht, sie der Lösung entgegenzuführen.

Nicht weniger als 25 Städte hatten auf der Dresdner Ausstellung im Jahre 1902 ihre Anlagen durch Modelle oder Zeichnungen vorgeführt.

Obgleich im Grunde bei allen der Massentransport die wichtigste Rolle spielte, will ich hier nur zwei herausgreifen, indem ich im übrigen auf das Wuttkesche Städtebuch selbst verweise**).

Die Zusammensetzung der von den Kanälen aufzunehmenden Abwässer ist örtlich verschieden. Neben aufgelösten und schwimmenden Stoffen führen sie überall auch schwere Stoffe mit sich, meist mineralischer Natur, die keiner Veränderung, insbesondere nicht der Zersetzung unterworfen sind.

M. H.! Diese Förderungsart selbst — denn etwas anderes ist es nicht — will ich an anderer Stelle nochmals streifen.

Die Ausscheidung dieser schweren Stoffe aus dem Kanalwasser findet überall statt durch sogenannte Sandfänge; mit den eigentlichen Reinigungsvorgängen hat sie nichts zu tun, sie geht aber diesen oft voran, ist also gleichsam eine Vorreinigung mechanischer Natur. In der Regel sind die Sandfänge Vertiefungen von kasten-,

*) D. R. P. No. 146039.

**) Wuttke, Die deutschen Städte, Abschnitt Tiefbau, von Klette, Dresden, S. 403 u. f.

brunnen- oder trichterförmiger Gestalt, über welche die Abwässer in verlangsamter Bewegung hinweggeführt werden. In den Vertiefungen bleiben der Sand und sonstige niedergesunkene Stoffe liegen, werden dann — in Kleinbetrieben vonhand, in Großbetrieben durch Baggerwerke — herausgehoben und nach geeigneten Lagerplätzen befördert. Derartige Baggereinrichtungen hatten Hamburg, Magdeburg und Frankfurt a. M. vorgeführt, und sie möchte ich kurz im Zusammenhang mit anderen Massentransportmitteln besprechen.

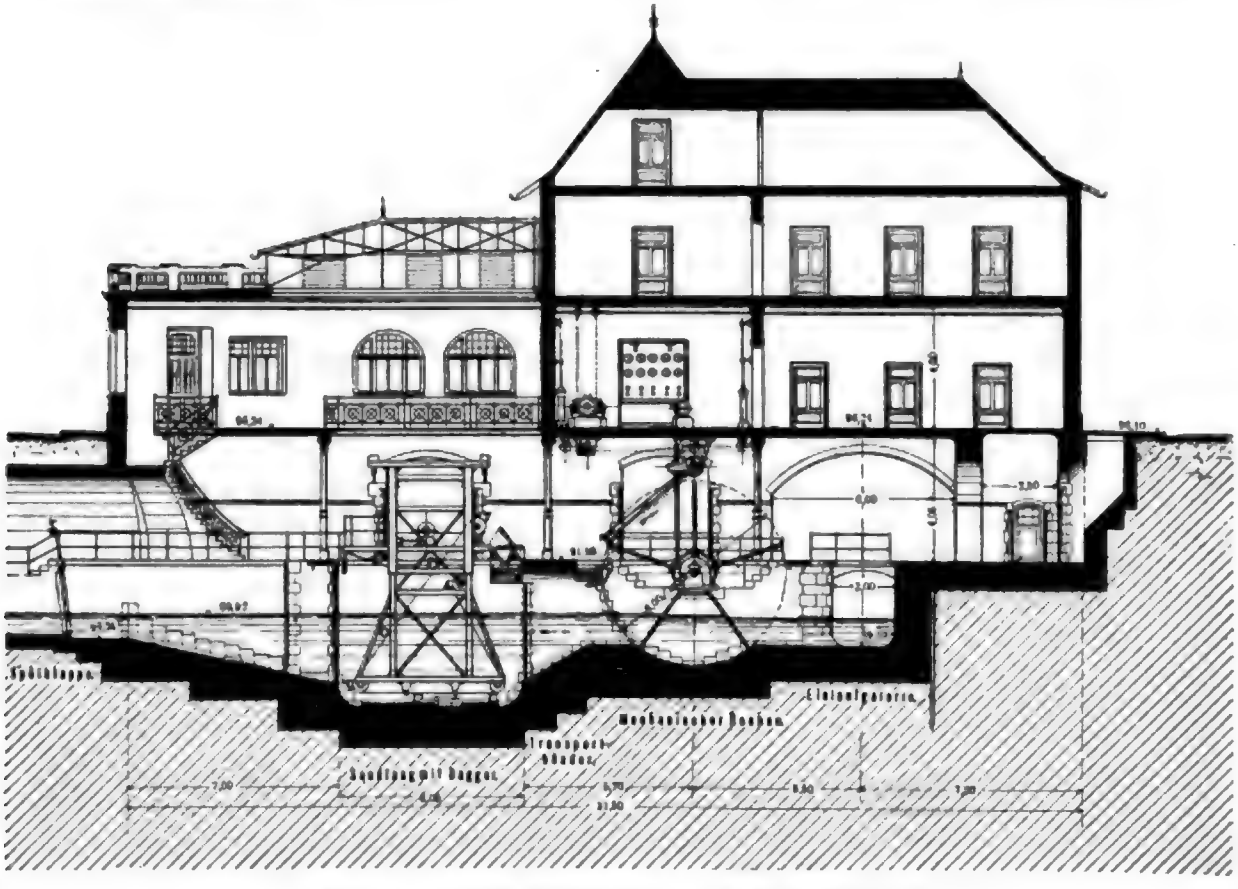


Fig. 14. **Abwässer-Reinigungs-Anlage in Frankfurt a. M.**
(Längenschnitt durch Bagger und Rechenraum.)

Auf der Ausstellung zeigte den Besuchern ein Modell die von Bauinspektor Merckel entworfene Hamburger Gesamtanlage, deren maschineller Teil von der bekannten Firma Wilhelm Fredenhagen in Offenbach a. M. ausgeführt worden ist. Ein Bagger ist am oberen Ende fahrbar aufgehangen und wird pendelnd über der Grube, deren Sohle muldenartig ist, hin- und herbewegt. Der Bagger gibt das gehobene Gut in eine Schnecke, welche es durch ein Abfallrohr auf ein Längstransportband führt. Letzteres trägt es entweder unmittelbar in ein Schiff oder zu einem Becherwerk, welches die Sinkstoffe in einen Silo hebt, aus dem sie in einen Prahm abgelassen werden können.

Digitized

Die groben schwimmenden Stoffe, wie Holz, Papier u. dergl. werden durch ein bewegliches Gitter- oder Rechenband zurückgehalten, gehoben und durch einen Abstreicher auf das Quertransportband bewegt, das es nun dem Längsförderer zuträgt.

Als höchst bemerkenswert möchte ich nebenbei darauf hinweisen, daß der im Sommer 1904 ausgeführte Transport und die Versenkung der drei 70, 100 und 133 m langen, in Dresden-Übigau gebauten, 2 m Durchmesser besitzenden Ausmündungsrohre dieser neuen Stammsiele den Bauingenieuren Aufgaben boten, welche bis dahin nicht gelöst waren.

Eine nicht minder bedeutende Brunnen-Sandfanganlage mit senkrechtem, feststehenden, motorisch betriebenen Bagger besitzt Magdeburg; doch will ich lieber auf die Frankfurter Anlagen kurz eingehen (Fig. 14), weil sie mehr abweichen von den soeben behandelten Förder- und Lagermitteln.

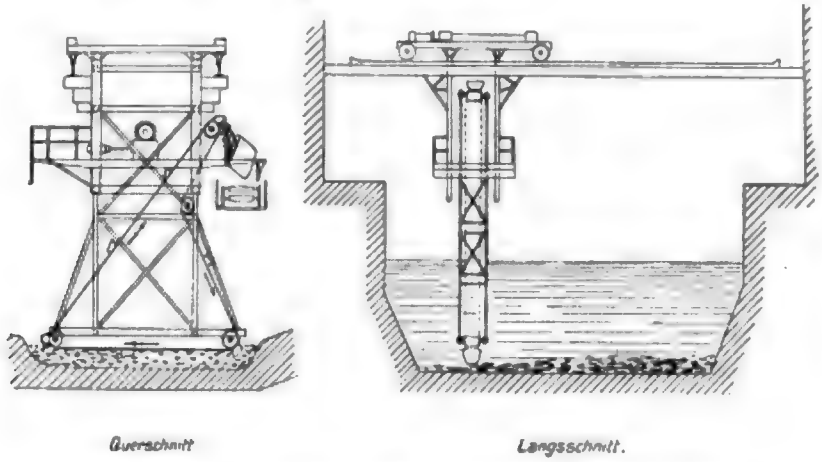


Fig. 15 und 16. **Bagger der Frankfurter Reinigungs-Anlage.**

Der Sandfang (Fig. 15 und 16) hat eine ebene Sohle, und der Bagger kann, da er sie in ganzer Breite bestreicht und wie ein Laufkran nach der Längsrichtung beweglich ist, über alle Teile derselben geführt werden. An den Sandfang schließt sich eine Rechenanlage (Fig. 17 und 18), welche aus drei je 2 m breiten Uhlfelderschen Radrechen von 6 m Durchmesser besteht. Diese Klärrechen sind aus fünf einzelnen Gittertafeln zusammengesetzt und drehen sich langsam und gleichförmig dem Wasserstrome entgegen. Die größeren Schwimm- und Schwebestoffe werden durch die einzelnen Gitter aufgefangen und von diesen aus dem Wasser gehoben. Eine Abstreifvorrichtung mit nachfolgender Bürste, welche durch den Rechen vorgedrückt werden, streift sie nach vorne an die Spitze der Tafel und wirft sie dort auf die darunter liegende Auffangplatte. Diese wird durch die Bewegung des Rechens umgekippt und entleert den Inhalt auf ein Transportband, das die Stoffe aus dem Raume herausbefördert.

Der Rechen liegt derart in dem Abwasserkanal, daß stets eine der fünf Tafeln den Querschnitt vollständig abschließt. Der Zuführungskanal ist etwas schmäler als die Rechenbreite, damit die Stoffe sich nicht an den Rändern des Rechens anlegen und dort herumfallen können.

Digitized by Google

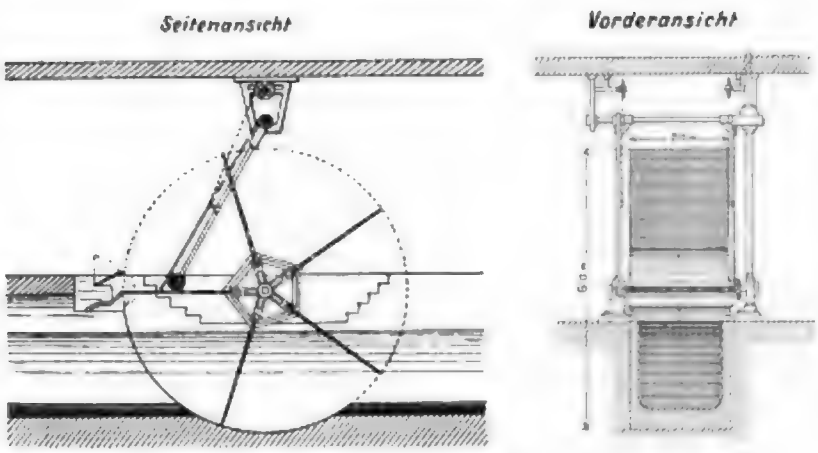


Fig. 17 und 18. **Frankfurter Klär-Rechen.**

Fig. 19. **Sauge-Hopperbagger, System Frühling, für die Kaiserl. Werft Wilhelmshaven. Erbaut von F. Schichau-Elbing-Danzig.**

Digitized by Google

Ebenfalls die Saugebagger gehören zu den in beliebiger Richtung stetig fördernden Maschinen. Es möge an dieser Stelle der Hinweis auf den bei Schichau in Elbing gegenwärtig im Bau befindlichen, für Wilhelmshaven bestimmten Bagger dieser Art genügen (Fig. 19). Derselbe erhält vier Dreifach-Verbundmaschinen von zusammen 2000 PS. für eine stündliche Leistung von 3600 Raummeter Baggergut. Bei 80 m Länge, 14,5 m Breite und 4,9 m Tiefgang mit 2550 t Baggergut verdrängt der Bagger 4500 t Wasser. Das Saugerohr kann eine Tiefe von 23 m erreichen. Der Kubikmeter Baggergut soll für 5—6 Pf. heraufgeschafft werden; die Kosten des Baggers belaufen sich auf 1 200 000 ℳ.

Grundsätzlich ähnlich ist dieses Förderungsverfahren dem auf zahlreichen Dampfschiffen heute verwendeten Howaldtschen Asche-Ejektoren. Die mit Wasser vermischte, nötigenfalls durch Hindurchtreiben durch Roste zerkleinerte Asche läßt sich eben pumpen, über Bord drücken.

Dadurch wird der Schiffskörperanstrich geschont, Staub, Geruch und Geräusch sowie die Reinigung fallen nahezu fort, und dem Feuern kann mehr Aufmerksamkeit zugewandt werden. Die ganze aus Pumpe, Rost, Trichter und Auswurfsrohr bestehende Einrichtung nimmt wenig Raum in Anspruch und läßt sich auf Kriegs- und Handelsschiffen jeder Art leicht (auch nachträglich) einbauen.

Noch auf ein anderes hier passend anzugliederndes Gebiet möchte ich hinweisen, nämlich auf das zuerst in Oberschlesien in Anwendung gebrachte Verfahren des Versatzbaues mittels Einschlämmung von Sand, Asche, Schlacken u. dergl., kurz auf den sogenannten Spülversatz.

Bekanntlich ist der Transport in Röhren bezw. auf oder im Wasser die wohlfeilste Fördermethode; das Wasser bildet einen Träger, welcher billiger arbeitet als irgend ein noch so vollkommener Wagen auf Rädern. Das Wasser ist auf Erden das größte und am meisten verbreitete passive Transportmittel; ja, es wird behauptet — das will ich nebenbei bemerken —, daß auf dem Wasser täglich mehr Materie bewegt werde, als auf allen Eisenbahnwagen zusammen in all den Jahren ihrer Existenz bewegt worden sei.

Man kann die Flüsse im Grunde als offene Rinnen oder Tröge auffassen, und die Entstehung von Unter-Ägypten wird vielfach dadurch erklärt, daß der Nilfluß das früher einen Teil des Mittelländischen Meeres bildende Delta mit Schlamm angefüllt hat, welches vom oberen Laufe des Stromes Tausende von Meilen aus dem Innern Afrikas „heruntergebracht“ und in der See niedergelegt ist. Derselbe Vorgang läßt sich am Mississippi beobachten; auch dort bildet fließendes Wasser den Transportträger des Schlammes, d. h. pulverisierten Felsens oder mit anderen Worten eines Materiales, das etwa zweimal so schwer ist als Kohle. Daher finden wir die ersten großmaßstäblichen Versuche der Pumpenförderung für feste Stoffe in breiigem Zustande für Kohle.*) Wer die Aufgabe löst, die sich wiederholt gezeigt hat, Sand auf große Entfernungen (auch in Steigungen) zu pumpen, würde sich ein großes Verdienst

*) Z. d. V. d. J. 1900, S. 1097 u. f.

um die Menschheit erwerben. Was die Natur in größtem Maße geleistet, versucht der Spülversatz-Ingenieur nachzumachen, und hübsche Erfolge liegen bereits vor.

Nach den neuesten Angaben der Donnersmarck-Hütte in Oberschlesien wird das zum Versetzen der ausgekohlten Flötze dienende Versatzmaterial, das durch Abspritzen von nahe gelegenen Sand- und Lehmschichten mit Wasserstrahlen von etwa 10 bis 15 mm Stärke und 15 Atm. Pressung gewonnen wird, in schlammigem Zustand zunächst in offenen selbstgebildeten Rinnen bis zum Schacht und dann durch lange gußeiserne Leitungen in die Grubenbaue hineingebracht. Die in 10 Stunden etwa 1000 cbm Versatzmaterial (ausschließlich Wasser) bewältigenden Leitungen haben einen lichten Durchmesser von 125—200 mm; dabei ist das Verhältnis von Wasser zu Versatzmaterial ungefähr 2 : 3. Die Abnutzung der Röhren ist unbedeutend; für Gußröhren mit 12 mm Wandstärke werden bei losen Flanschen (Drehbarkeit der Röhren) 1 Mill. Kubikmeter Material gerechnet, bei festen Flanschen etwa 600 000 cbm. Die Kosten für das Abspritzen des Versatzstoffes sowie für das Wiederheben des aus den Flötzen abfließenden Förderwassers werden zu 8—10 Pf. für das Kubikmeter angegeben.

Ist der Versatzstoff in unmittelbarer Nähe der Gruben nicht zu beschaffen, so macht man Gebrauch von den Trockenbaggern in Verbindung mit Schmalspur-Förderzügen. Bei dem Baggerbetriebe der Ferdinandgrube werden stündlich 100 cbm bei Sand, und etwa 60 cbm bei Lehm erzielt. Kippwagen oder andere Selbstentlader schütten das Versatzgut in einen rostbedeckten Rumpf, in welchem gegebenenfalls noch eine Zerkleinerung und eine Mischung mit Wasser vor sich geht. Der Brei fließt an der Versatzstelle in einen Einbau, die Sinkstoffe füllen die vollzuschlämmenden Räume an, und das in den Sumpf fließende Wasser wird durch die ohnehin vorhandenen Wasserhaltungsmaschinen wieder zu Tage gefördert.*)

Geht man nun noch einen Schritt weiter und folgert aus dem Schwimmvermögen des Staubes, der Spähne usw. im Luftstrome, so gelangt man zu den Staubabsaugern, Zyklonen, Staubkammern usw. und endlich zu den pneumatischen Fördervorrichtungen. Ich darf erinnern an die verschiedenen Gründungsverfahren, bei denen Zement usw. eingeblasen wird in schwimmendes Gebirge, und ferner an die sinnreiche Methode zum Löschen und Fördern von Getreide aller Art durch Saug- und Preßluft, welche zuerst angegeben und ausgeführt worden ist von dem englischen Ingenieur F. E. Duckham der Londoner Millwall-Docks. Auch hier darf ich verweisen hinsichtlich der Saugrüssel, die in das Korn gehängt werden, usw., auf die Ausführungen des Herrn Regierungsbaumeister Stephan in den Verhandlungen vom Jahre 1902**). Ergänzend bemerken möchte ich nur, daß man in England und in gewisser Weise auch in Deutschland vonseiten unserer größten Schiffahrtsgesellschaften in Hamburg und Bremen bezw. von G. Luther in Braunschweig, mit diesen Einrichtungen schließlich so weit gegangen ist, daß sie wirken wie die Biene. Wie diese zur Blume fliegt, sich

*) Näheres s. in „Der Spülversatz", Kattowitz 1904, Verlag des Oberschles. Berg- u. Hüttenmännischen Vereins.

**) S. 287 u. f.

Digitized by Google

vollsaugt, heimkehrt und das wohlschmeckende Produkt wieder von sich gibt, so sind dort, wo wegen geringen Tiefgangs große Getreideschiffe nicht bis zum Speicher gelangen können, oder aus anderen Gründen, Schiffe, welche mit Duckham-Apparaten ausgerüstet sind, tätig, um aus den großen Dampfern eventl. sich selbst und neben ihnen liegende Leichter zu füllen und dann mit diesen Vorräten beladen nach den Magazinen zurückkehren, um mittels ihrer Druckluftvorrichtungen auf einen beliebigen Boden des Speichers ihren Inhalt abzugeben.

Auch wir wollen uns die **Lagermittel** betrachten, dabei unterscheiden, Gebäudelager und Haufenlager, von ersteren die Bodenspeicher als bekannt voraussetzen und direkt in die Behandlung einiger der neuesten Silospeicher eintreten.

Über Duluth als einen der bedeutendsten Erzhäfen der Welt durfte ich mich an anderer Stelle*) auslassen; heute möchte ich meine Ausführungen ergänzen durch die Bemerkung, daß dort wie auch in Superior in fast ebenso großem Maße die Verladung von Kohlen, Holz und Getreide vor sich geht von bezw. nach Chicago, Detroit, Milwaukee, Cleveland und nach dem fast 2000 km entfernten Buffalo. Insbesondere hat Duluth in den letzten Jahren einen sehr bedeutenden Teil des Getreidehandels in den Vereinigten Staaten an sich gezogen zum Nachteil von Chicago, das bisher wohl als das bedeutendste Getreidezentrum der Welt gegolten hat, und ferner tritt es in gefährlichen Wettbewerb mit der Stadt Minneapolis, welche gegenwärtig zwar noch die größten Kornmühlen der Erde besitzt; aber die günstige Verkehrslage sowie der Ausbau der Verkehrslinien und die Vervollkommnung der Verkehrsmittel für Sammelgüter können aus Duluth vielleicht ein zweites oder sogar ein Über-Chicago sich entwickeln lassen.

Es dürfte sich verlohnen, einen amerikanischen Silo einmal etwas näher zu betrachten.

Im Jahre 1902 wurde der in Fig. 20 als eines der neuesten Beispiele für die typisch amerikanische Bauart wiedergegebene Silo von der Speicherbau-Firma Geo M. Moulton & Co., Chicago, in Weehawken, N.-J., für die New-York Central and Hudson River Eisenbahn-Gesellschaft gebaut.

Über dem Pfahlrost erhebt sich auf einer Betondecke das 108 m lange und 31 m breite sogenannte Arbeitsgeschoß, das bei einer lichten Höhe von rund 6 m einer erheblichen Zahl der größten Getreideeisenbahnwagen auf mehreren Gleisen die Durchfahrt zur unmittelbaren Be- und Entladung gestattet. Auf den Eisensäulen dieses Geschosses ruhen die 22 m hohen, ebenfalls in Eisen hergestellten rechteckigen Zellen, über welche sich ein Boden zur Verteilung der Frucht durch 40 Drehrohre in der vollen Breite des unteren Gebäudeteiles erstreckt. Darüber erhebt sich die einschließlich des oben beschriebenen Bodenraumes 20 m hohe, fensterreiche „cupola“, in der — vom Dach aus gerechnet — untergebracht sind: im höchsten Geschoß die Elevatorköpfe und -Antriebe, in dem darunter befindlichen die zu den im folgenden Geschoß aufgestellten Wiegevorrichtungen gehörigen Sammelbehälter. Auf dieses Wagengeschoß folgt das Reinigungsstockwerk, in welchem auch ein 914 mm breites Längstransportband

*) Z. d. V. d. J. 1900, S. 512 u. f.

untergebracht ist. Der Dachfirst liegt rund 60 m über Schienenoberkante. Die Anordnung der Schiffselevatoren, Ablieferungszellen, Abfallrohre usw. geht ohne weiteres aus der Abbildung hervor; über die Zahl der Elevatoren usw. behalte ich mir vor, einige ergänzende Angaben als Bemerkung bei der Drucklegung anzufügen*). — Hier

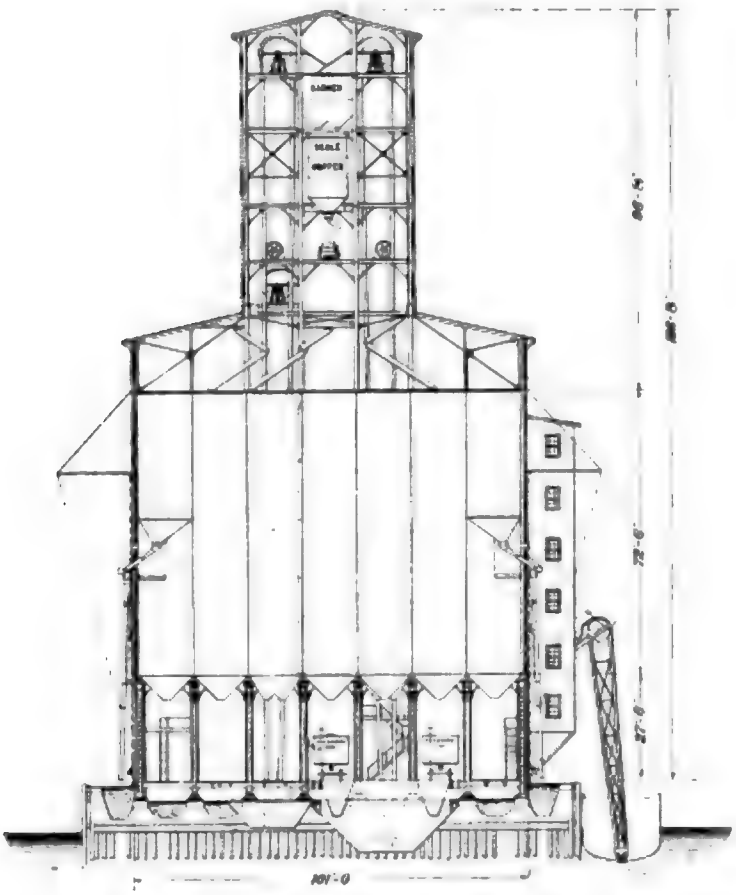


Fig. 20. **Elevator in Weehawken, N. J.** (Querschnitt), **gebaut von der Moulton Co. in Chicago.**

*) An wesentlichen Maschinen sind vorhanden:

8 Empfangs-Becherwerke
8 Auslade- „
7 Reinigungs- „
} Becher: 178 × 178 × 508 mm,

1 Schiffs-Elevator
1 Umstech-Elevator
} Becher: 178 × 178 × 356 mm,

32 mechanische Schaufeln (4 für jeden Empfangs-Elevator),
23 Fallrohre für Schiffsbeladung,
2 „ zum Beladen von Eisenbahnwagen,
8 Aufnahme-Wäge-Vorrichtungen zu je 42 t,
8 Verlade- „ „ „ 21 t,
23 Wagenbehälter mit je 53 t Fassungsvermögen.
14 Reinigungsmaschinen mit je 146 t Stundenleistung.

Digitized by Google

sei nur noch erwähnt, daß rund 50 000 t Getreide im Speicher lagern können, und daß die Seitenlängen der quadratischen Zellen 4,25 m betragen. Sämtliche Antriebe sind elektrisch; 43 mit 550 Volt Spannung arbeitende Drehstrommotoren bis zu 100 PS. Einzelleistung und mit einer Gesamtleistung von 3000 PS. sind in dem Speicher verteilt. Das Kraftwerk ist in einer Entfernung von ungefähr 300 m von dem Silo angelegt; es enthält drei Dampfdynamos von je 1000 PS.

Wegen der Feuersgefahr sind für die Umfassung Ziegelwände und im Übrigen durchweg Eisenkonstruktionen gewählt; selbst die Umkleidungen der Becherwerke, die Röhren usw. sind in Eisen und nicht mehr, wie früher allgemein in Amerika gebräuchlich, in Holz hergestellt. Hinsichtlich der wirklichen Getreidedrücke auf die Wände von Silozellen besteht bis heute noch eine sowohl theoretische wie praktische Unsicherheit, und es ist daher mit großer Freude zu begrüßen, daß die bekannte Braunschweiger Speicherbaufirma Amme, Giesecke und Konegen, von der auch der kürzlich von mir in der Deutschen Bauzeitung veröffentlichte Getreidespeicher in Buenos Aires errichtet ist, bei ihrem neuesten Bau in Rosario beabsichtigt, neue Versuche über das Verhalten der Silowände bei verschiedenartiger Belastung anstellen zu lassen. Es werden die bis jetzt bekannten genauesten Apparate verwendet und zwar zur Sicherheit stets mehrere parallel.

Die Getreideausfuhr Rosarios hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte dermaßen entwickelt, daß sie in günstigen Jahren die Höhe von 1,2 – 1,5 Mill. Tonnen erreichte. Der Export wickelte sich wegen der eigenartigen Uferverhältnisse des Parana-Flusses, an welchem Rosaria liegt, und mangels geeigneter Einrichtungen in der Weise ab, daß aus den zur vorübergehenden Lagerung dienenden hochgelegenen Uferschuppen die mit der Eisenbahn herangefahrenen Säcke bei Ankunft der Dampfer durch Rutschen (Canaletas) verschifft wurden. Bis zu 300 t sind stündlich so verladen.

Der immer wachsende Verkehr Rosarios hat nun die argentinische Regierung veranlaßt, große neue Hafenanlagen in Rosario bauen zu lassen. An diesem zurzeit im Bau begriffenen Hafen werden außer 37 elektrischen Kranen von 10 bis 30 t Tragfähigkeit 25 Stückgut-Lagerhäuser und ein Getreide-Ausfuhrsilo von 24 000 t Fassung errichtet.

Das Korn kommt vom Landinnern fast ausschließlich in Eisenbahnwagen an, nur zum kleinen Teil in Flußfahrzeugen, und zwar nur in Säcken. Zur Erzielung einer großen Leistung sind in der ganzen Länge des Silogebäudes unter den Gleisen in Tunnels laufende Empfangsbänder angeordnet zur gleichzeitigen Entladung einer großen Reihe von Wagen. Die Gurtförderer führen das Getreide zu den im Maschinenraum des Gebäudes befindlichen Empfangselevatoren, die es nach erfolgter Wiegung und etwaiger Vorreinigung in die Silozellen bringen.

Zur selben Zeit kann mit besonderen Verschiffungselevatoren Korn aus den Schächten entnommen und mittels zweier ansteigender Bänder über das Kaigelände zum Ufer gebracht werden, wo es in dem Mittelgebäude am Ufer automatisch gewogen und sodann durch die an beiden Seiten laufenden Transportbänder an beliebiger Stelle in die Dampfer geworfen werden kann. Die Länge dieser Kaibänder beträgt etwa 280 m,

Digitized by Google

sodaß gleichzeitig zwei der größten Dampfer beladen und noch ein kleines Fahrzeug entladen werden kann.

Die Leistungsfähigkeit des Getreideempfanges mit der Bahn beträgt	500 t/st.
diejenige der gleichzeitigen Verschiffung	800 „
die des Schiffselevators	50 „
mithin die Gesamt-Ein- und Ausladefähigkeit	1350 t/st.

Um etwa vorkommendes schlechtes Getreide vor der Verschiffung in bessere Verfassung zu bringen, sind Reinigungs- und Entstaubungs-Anlagen von 250 t stündlicher Leistung vorgesehen neben einer besonderen Trocknungs-Anlage, die stündlich 80 t zu trocknen vermag.

Die Silozellen sind aus eisenarmiertem Beton hergestellt, und zwar sind 120 Caissons von je 200 t Fassung vorgesehen. Die Gründung des Gebäudes erfolgt mit Rücksicht auf den überaus schlechten Baugrund mittels einer eisenarmierten, sich über das ganze Gebäude erstreckenden Plattform, einer ähnlichen Konstruktion, wie sie sich bereits bei dem vorerwähnten Silo in Buenos-Aires unter ungefähr gleichen Verhältnissen ausgezeichnet bewährt hat*).

Die Fertigstellung der Silo- und Elevatoranlage dürfte im Frühjahr 1906 erfolgen.

Was endlich die Haufenlager anlangt, so haben wir Manches darüber schon gehört.

Von hoher Wichtigkeit für die Rentabilität großer Verlade- und Transporteinrichtungen für Massengüter ist besonders die Art der Entnahme aus Haufen in Schiffen, Eisenbahnwagen oder auf Lagerplätzen; denn es ist sehr wesentlich, daß das Be- und Entladen des Transportelementes mit der Leistungsfähigkeit der ganzen Anlage in Einklang steht. Man wird deshalb überall, wo es nur angängig ist, Fördergefäße anzuwenden versuchen, die möglichst unabhängig vom Arbeiter sich selbsttätig beschicken.

Als bewährteste derartige Vorrichtungen sind die bekannten Selbstgreifer sowie die schräg aufzuziehenden Schaufeleimer**) mit Zinken, sowie endlich die mechanisch bewegten Zubringerschaufeln***) zu betrachten.

Eine der großartigsten Massentransport- und Lager-Anlagen der Welt sehen wir nach den Entwürfen des Direktors der Berliner Gaswerke, Herrn Schimming, im Nordwestwerk Tegel gegenwärtig entstehen.

Unter Hinweis auf den Lageplan †), der die Voll- und Schmalspurbahnen sowie die Hängebahnen und Transportbänder, die drei je über 500 m langen Lagerschuppen usw. erkennen läßt, sei folgende von A. Bleichert & Co. in Leipzig ausgeführte besonders bemerkenswerte Einzelanlage hier wiedergegeben (Fig. 21, Taf. A).

---

*) Deutsche Bauzeitung 1904. S. 551 u. f.

**) Z. d. V. d. J., 1900, S. 1096.

***) Z. d. V. d. J., 1904, S. 223.

†) Wuttke, Die deutschen Städte, Bd. II. Abschn. V, Die Gaswerke (Städte-Ausstellung in Dresden 1903). Leipzig, Verlag von F. Brandstetter, 1904.

Digitized by Google

Der aus den Retortenhäusern kommende abgelöschte Koks wird mittels einer mechanisch betriebenen Hängebahn den Kokslagerplätzen zugeführt. Zur bequemen Verteilung auf diesen ist zwischen den die Hängebahn aufnehmenden Hochbahnen eine Verteilungsbrücke von 45,5 m Spannweite angeordnet, die, ebenfalls mechanisch betrieben, den ganzen Platz bestreichen kann. Die Hängebahnschienen der Brücke setzen sich durch Schleifweichen unmittelbar an diejenigen der festen Gerüste an, das Zugseil wird über Scheiben, die auf der Brücke liegen, von der äußeren Hängebahn aus unmittelbar weiter geführt, sodaß die Kranbrücke eine verschiebbare automatische Entladestation darstellt.

Die Stundenleistung dieses Verteilungskrans beträgt 120 t Koks.

Da der gelagerte Koks zu seiner weiteren Verwendung und Abfuhr nach dem Hafen zu schaffen ist, hat man über dem Verteilungskran einen zweiten Kran vorgesehen, welcher, unabhängig von ersteren, als fahrbare Parabelbrücke von 48,5 m Spannweite auf der vorerwähnten Hochbahn läuft.

Der Koks wird von den großen, vorhin erwähnten Selbstgreifern aufgenommen, in einem am Ausleger der Parabelbrücke aufgehängten Rumpf entleert und von diesem in eine Bleichertsche Seilbahn zum Weitertransport nach dem Hafen abgefüllt.

M. H.! Die Entwicklung der Förder- und Lagermittel gibt einen trefflichen Maßstab für die Entwicklung der Technik überhaupt. Gleichen Schritt halten die Forderungen und ausgeführten Hülfsmittel für die Geschwindigkeit, mit denen für die Bewältigung der Menge. Schnellbetrieb und Massentransport bedingen und ergänzen einander, und die Lager sind in Verbindung mit den Fördermitteln zu betrachten als elastische Zwischenglieder, als Windkessel, deren Größe in gleichem Verhältnisse wächst wie die bewegte Masse.

Aus den ersten oberirdischen Behältern (Fig. 22) haben sich Riesenbauten entwickelt, die wie in Rosario 25 000, bezw. in Buenos-Aires*) an die 100 000 t aufzunehmen vermögen, und mit Stolz dürfen wir es sagen, daß wie viele derselben, so auch die letztgenannten von einer deutschen Firma errichtet sind.

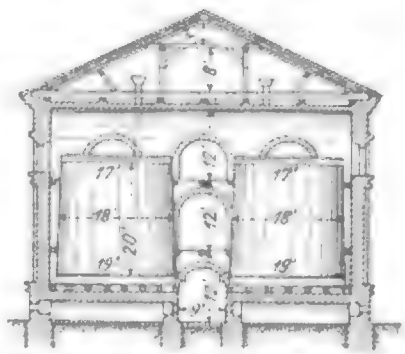


Fig. 22. **Ursprüngliche Form von oberirdischen Getreidebehältern.**

Die Anregung auf diesem Gebiete haben wir den Amerikanern zu danken, doch stehen die deutschen Leistungen an Gediegenheit und Vielseitigkeit der Anwendungen sicher nicht zurück hinter denen irgend einer Nation. Und ist es richtig, daß die Entscheidung in dem sich zuspitzenden wirtschaftlichen Wettkampf der Völker von der Überlegenheit der technischen Hülfsmittel abhängt, so haben wir auf dem Weltmarkt auf dem hier behandelten, sicherlich wirtschaftlich hochbedeutenden Gebiet nichts zu befürchten.

*) Vergl. auch Deutsche Bauztg. 1904, S. 552, Fig. 37.

Digitized by Google

Herr Kommerzienrat Dr. Holtz: Ich möchte mir die Frage an den Herrn Vortragenden erlauben, ob ihm bezüglich der Müllabfuhr das seit ungefähr zwei Jahren eingeführte System des Herrn Dr. von der Linde bekannt ist? Dieser Herr läßt die Abfuhr in der Weise ausführen, daß er in jede Haushaltungsküche einen Kasten setzt, der aus drei Abteilungen besteht; einer größeren und zwei kleineren, die, je nach der Größe der Küchenverhältnisse verschieden groß sind. Er verlangt von jeder Köchin, daß sie die Trennung des Mülls in drei Teile täglich vornimmt, und zwar erstens in mineralische Abfälle, Glas, Konservenbüchsen usw., zweitens in vegetabilische und tierische Abfälle, Gemüsereste, Fleischreste, Knochen u. dergl., und endlich in Asche und Kehricht. Um die Köchin zu Vorstehendem zu zwingen, behauptet er, durch seine Gesellschaft wöchentlich 50 Pf. an die einzelnen Köchinnen zahlen zu lassen, ebenso an den Portier, der auf dem Hofe einen großen ebenso eingerichteten Sammelkasten aufzustellen hat, dessen Inhalt von der Gesellschaft abgefahren wird.

Ich bin leider durch Familienverhältnisse verhindert worden, im Laufe des letzten Sommers diese Sache weiter zu prüfen, und kann daher über die Erfolge, die der Herr damit erzielt hat, nichts Genaueres mitteilen. Er hat mir aber erzählt, daß er bereits eine Schweinemast mit den Abfällen aus 500 Haushaltungen geschaffen hat, die sich außerordentlich bewährt. Die vegetabilischen Haushaltungsrückstände, Fleischreste, Knochen u. dergl. werden in mächtigen Gefäßen gekocht, welche den großen Kochapparaten in Papierfabriken ähnlich sind.

Soweit die kompakte Masse nicht in der eigenen Mastanstalt verfuttert wird, versendet man sie in Fässern. Die Schweine sollen mit außerordentlicher Vorliebe diese Nahrung annehmen. Ich habe die Anlage selbst nicht gesehen, er sagt aber, er habe eine Einrichtung unweit der Station Jungfernheide geschaffen. Ich warf ein, ob nicht Seuchen bei einer solchen großen Schweinezucht zu befürchten seien; es sei doch möglich, daß auch einmal giftige Substanzen unter den Küchenabfällen sich befänden, beispielsweise Gefäße, in denen noch Reste von Rattengift vorhanden wären, die durch Mangel an Verständnis der Köchin mit in die Speisereste geraten und schließlich zur Schweinemast mit verwendet seien, wodurch großes Unheil entstehen könne. Darauf hat er erwidert, daß in den zwei Jahren seines Betriebes nur einmal eine Vergiftung stattgefunden habe, und daß von 400 Schweinen nur drei oder vier eingegangen seien; das wäre kein großer Verlust. Er hätte auch für solche Fälle vorgesehen, sich mit Abdeckereien in Verbindung zu setzen, und würde so auch die etwa gestorbenen Tiere rationell verwerten können.

Ich habe geglaubt, das hier nicht vorenthalten zu sollen, und möchte den Herrn Vortragenden bitten, wenn ihn die Sache interessiert, sich mit Herrn von der Linde, der in Charlottenburg, Berlinerstraße 139, wohnt und dieses Gebiet bearbeitet hat, in Verbindung zu setzen.

Herr Professor Buhle: Ich habe gerade wegen der Berliner Müllnot, wenn ich so sagen darf, etwas über das Müllmaterial, das zu erlangen war, heute hier vorbringen wollen. Ich habe den ersten Teil der Erfahrungen des Herrn Kommerzienrat Holtz in bezug auf die Dreiteilung wohl gekannt. Das ganze Massentransportgebiet ist aber noch in der Ausbildung begriffen, sodaß ich mich, um nur die wichtigsten Gesichts-

punkte vorbringen zu können, beschränken mußte. Alle diese Fragen werde ich verfolgen, und ich danke für jede Anregung, die weiter dazu beiträgt, Aufklärung und Fortschritte zu schaffen. Es würde mir eine große Freude sein, wenn aus der Versammlung heraus Fragen gestellt würden, und ich würde, wenn solches Material noch vorhanden ist — ich habe eine ziemlich große Arbeitskraft — es gern zu Papier bringen. Leider ist, wie gesagt, das überhaupt zu berücksichtigende Material noch so groß, daß es schwer hält, eine rechte Einteilung in die Sache zu bringen. Aber wie wichtig sie ist, ist namentlich hier in Berlin kürzlich zutage getreten, besonders was Müll und Kehricht und die Sichtung dieser ungleichmäßigen Masse anlangt.

Herr Baurat Herzberg: Ich möchte darauf hinweisen, daß wir in unserer nächsten Nähe Entlade- und Ladevorrichtungen haben, die auf unserem Kontinent, vielleicht auch nicht in Amerika übertroffen werden. Ich meine die im Hafen von Emden, den ich vor einigen Tagen gesehen habe. Wer einmal Gelegenheit hat, nach Emden zu reisen, der sollte nicht versäumen, diese großartigen Lade- und Löschvorrichtungen sich anzusehen.

Vorsitzender: Es war gewiß ein hochinteressantes Gebiet, auf das uns der Herr Vortragende geführt hat, dessen Bedeutung für die Beförderung des Gewerbefleißes ja ohne weiteres zutage tritt. In jedem Stadium des modernen Fabrikbetriebes und des Austausches der Massengüter macht sie sich geltend. Auch die Eisenbahn- und die Wasserbauverwaltung haben daran ein großes Interesse und in dem letzten Jahre eine besondere Abordnung erfahrener Fachmänner nach England sowohl wie nach Amerika gesandt, um die Fortschritte in der Entwicklung der modernen Beförderungsmittel und Verladungseinrichtungen auf das eingehendste zu studieren. Ich kann dem Herrn Vortragenden nur den besten Dank des Vereins aussprechen für die interessanten Mitteilungen, die wir ihm verdanken.

Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. H. Wedding: M. H.! Herr Kommerzienrat Hommel in Mainz hat unter Zustimmung des Technischen Ausschusses einige Instrumente zum Feinmessen aus dem Idarwerk in Oberstein hier ausgestellt. Wir hatten geglaubt, Herr Kommerzienrat Hommel würde selbst hier eine Erläuterung geben oder einen Vertreter dazu senden. Da aber niemand erschienen ist, so bleibt mir nichts übrig, als auf die Gegenstände aufmerksam zu machen.

Dieses Etui enthält:

1	Mikrometer No. 66	0—25	ohne Gef.-Schraube,
1	-	0—25	mit -
1	-	25—50	ohne -
1	-	25—50	mit -
1	-	0—50	ohne -
1	-	0—50	mit -
1	-	40—100	- -

1 Cylinderstichmaß Nr. 84, Größe 1, mit 4 Verlängerungen von 30, 60, 120 und 240 mm.

Das gleichzeitig eingesandte Preisverzeichnis wird an die Mitglieder verteilt werden.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Digitized by Google

2 qm. Heizfl. einschl. Vorwärmer.

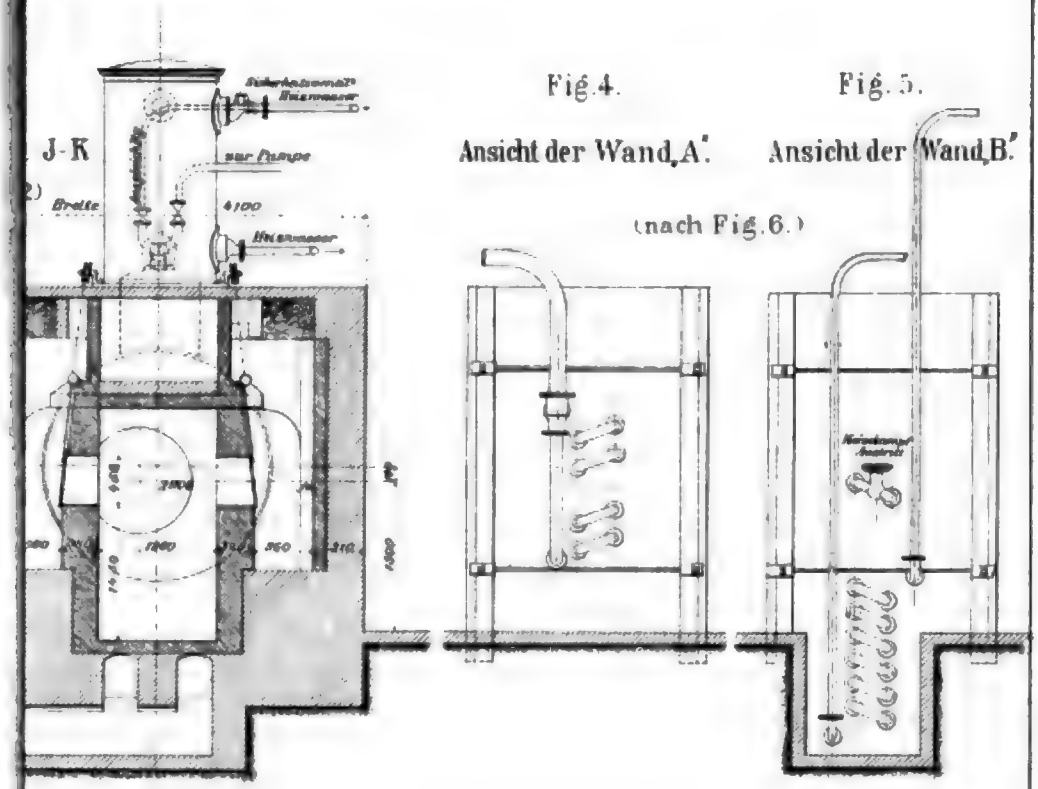
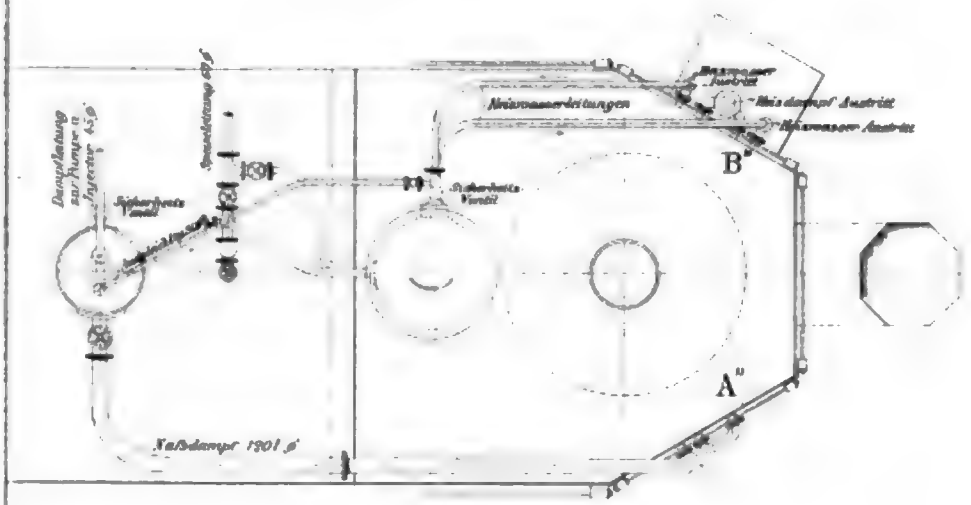


Fig. 6.
Ansicht von oben.

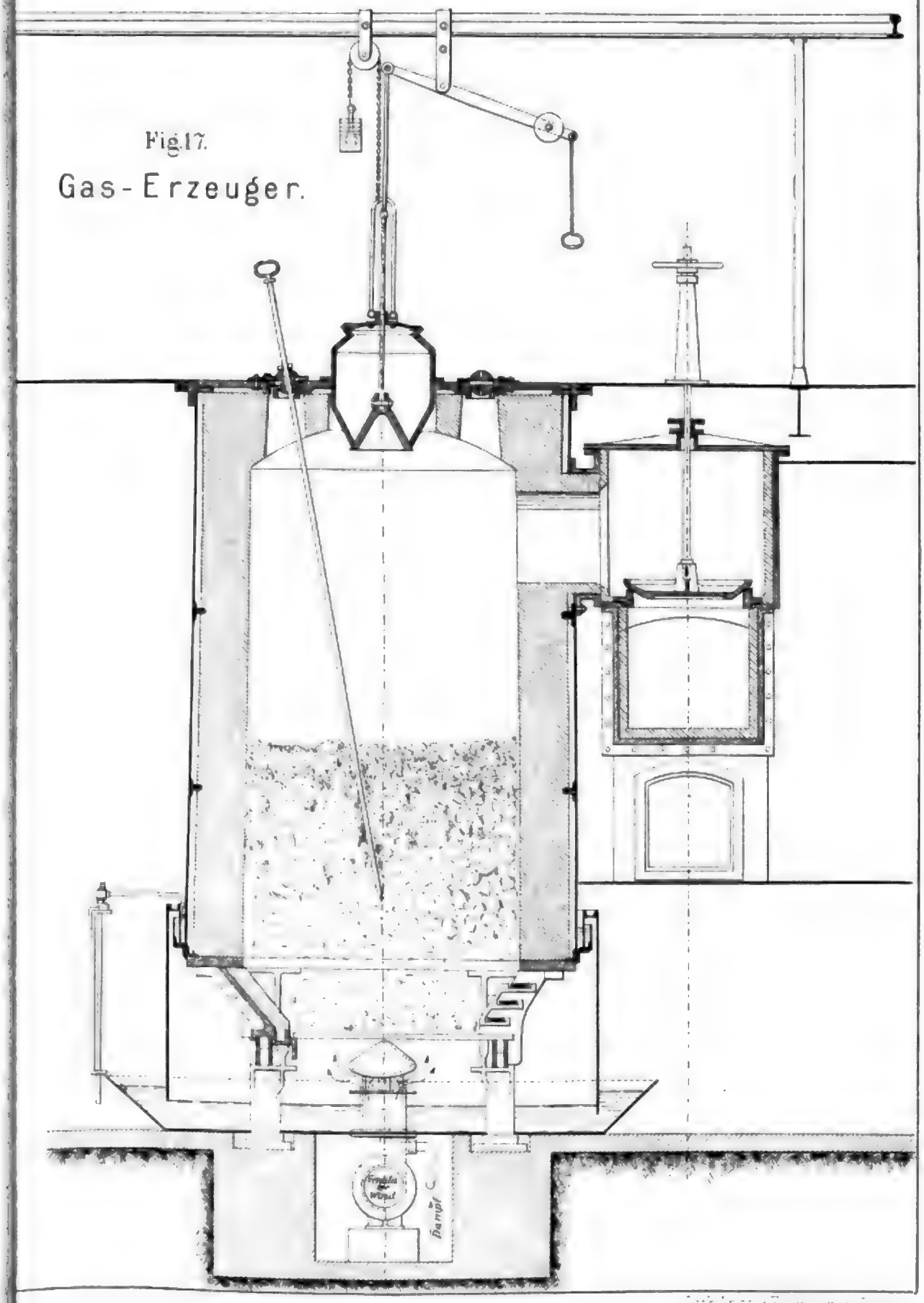


Lith. Anst. v. F. Kayser in Berlin.

Digitized by Google

Fig. 17.

Gas-Erzeuger.



Digitized by Google

Fig. 15. Schnitt B-B (n Fig. 11)

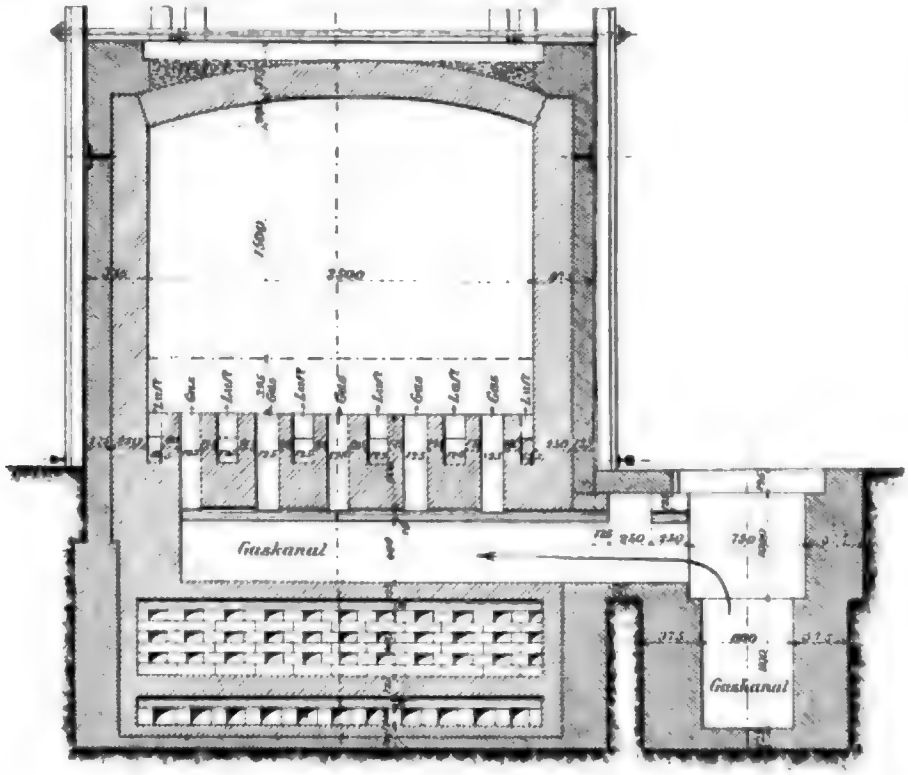
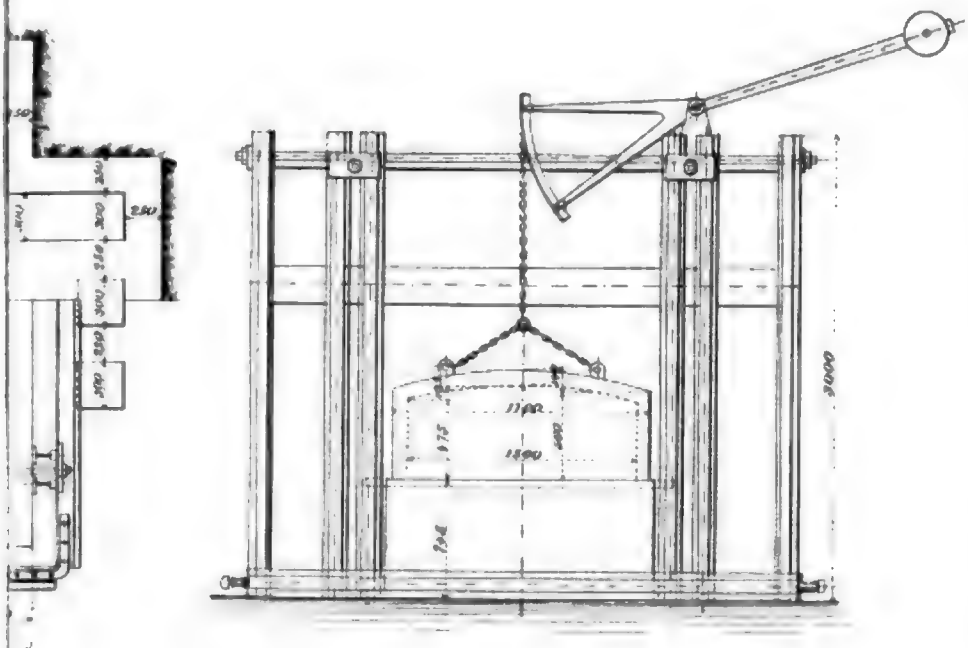


Fig. 16. Vorder-Ansicht.



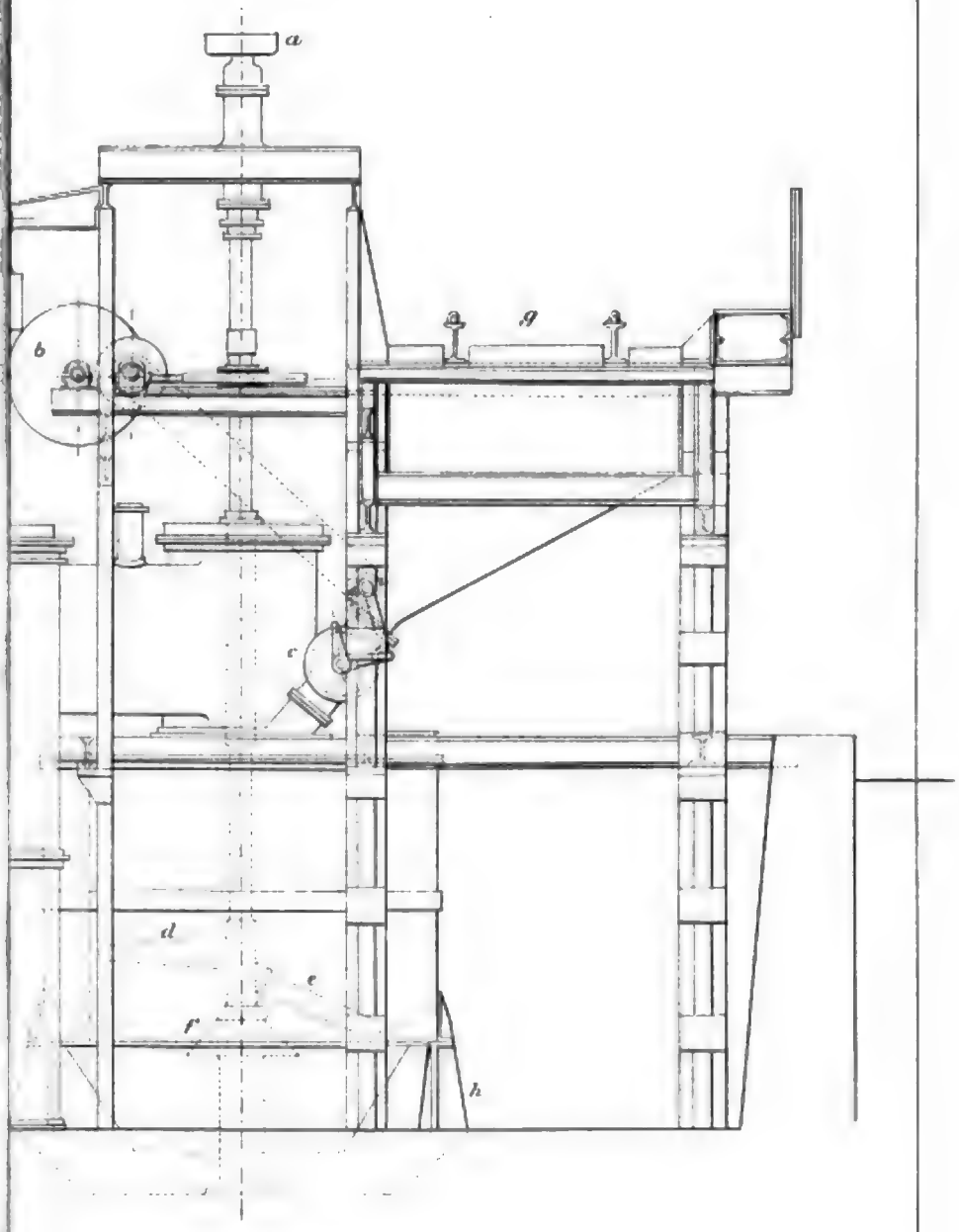
Lith. Anst. v. F. Kayser in Berlin.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig.6. Talbot Vergaser.



Maaßstab 1:64

Digitized by Google

rsuchung von Eisenlegierungen.

Fig. 4.

Fig. 6

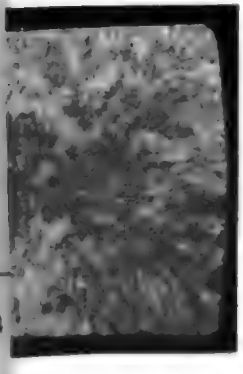


Fig. 7

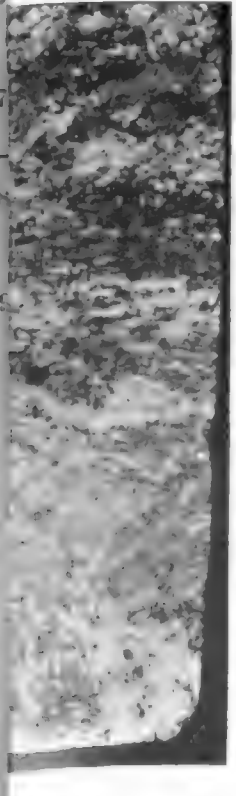


Fig. No.

1

2

3

4

5

6

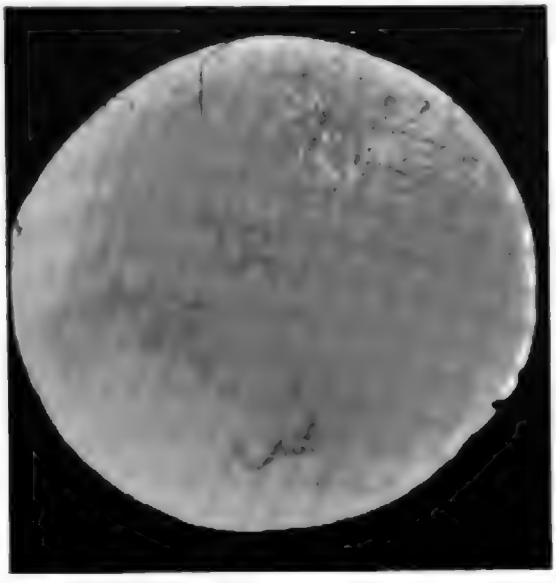
7

8

9

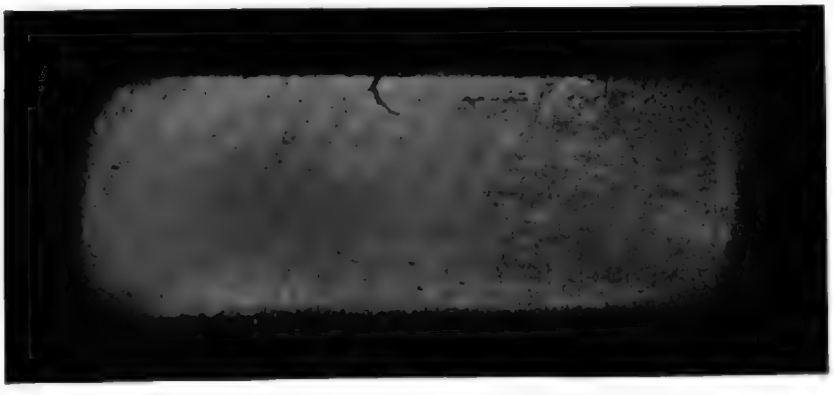
$v = 2.7$.

Fig. 8.



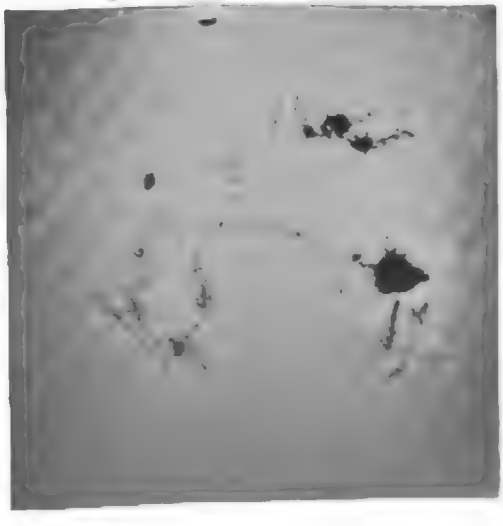
$v = 4.5$.

Fig. 9.



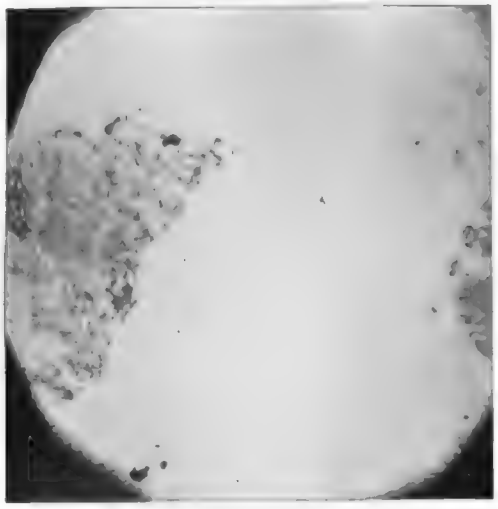
$v = 20$.

Fig. 5.

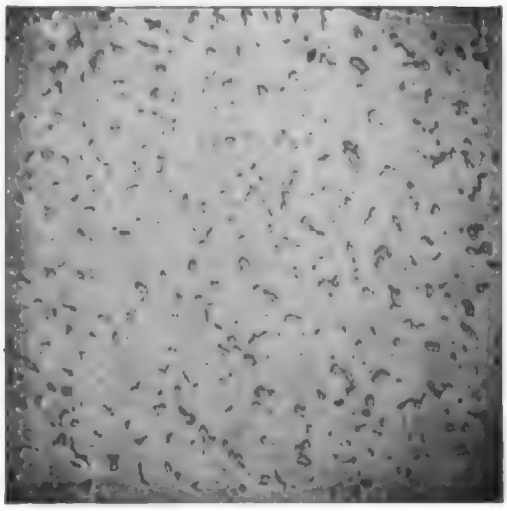


Digitized by Google

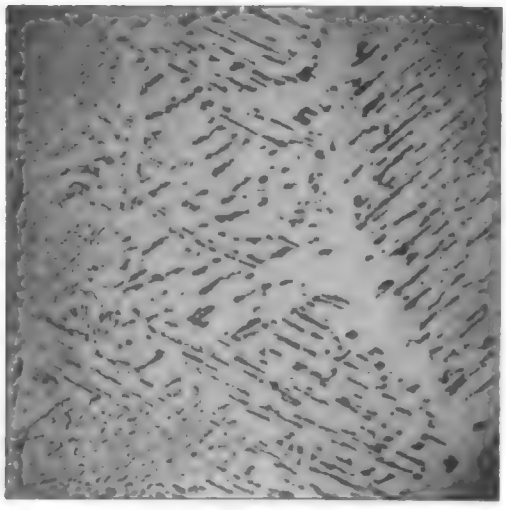
$v = 900$. Fig. 12.



$v = 123$. Fig. 13.



$v = 20$. Fig. 17.



$v = 20$. Fig. 18.

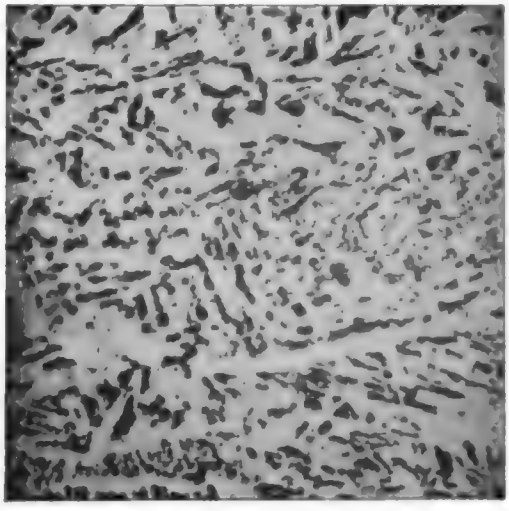
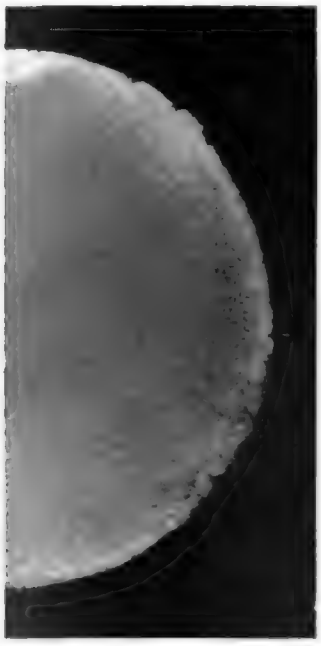
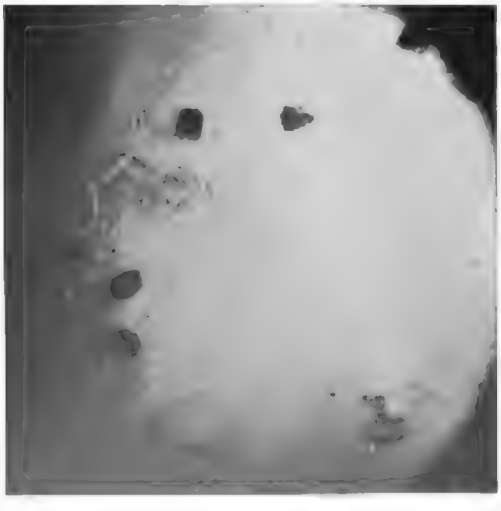


Fig. 16.

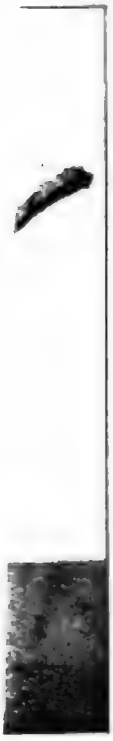


$v = 900$. Fig. 20.

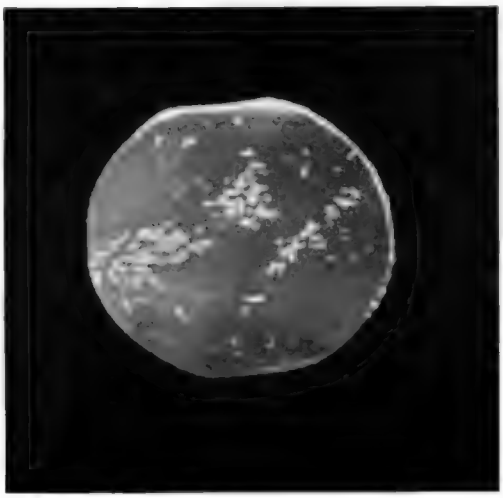


Digitized by Google

Fig. 23.



$v = 1$. Fig. 25.



$v = 123$. Fig. 26.

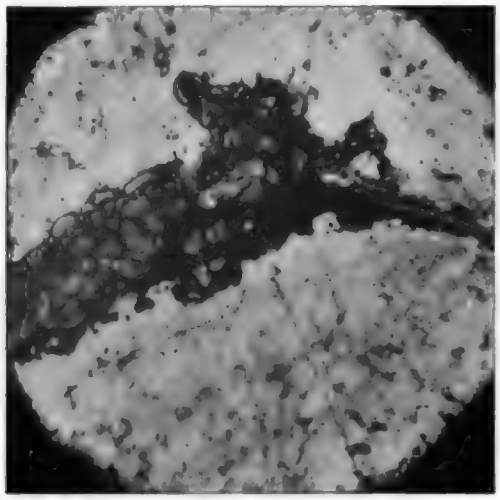
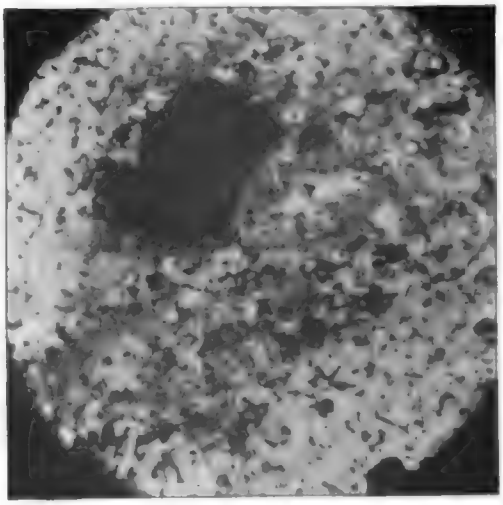
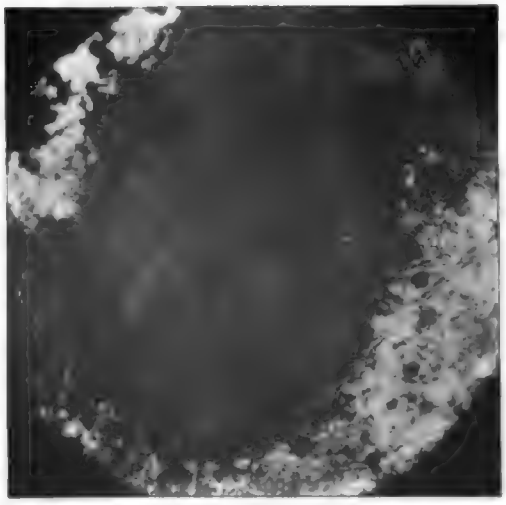


Fig. 24

$v = 123$. Fig. 27.



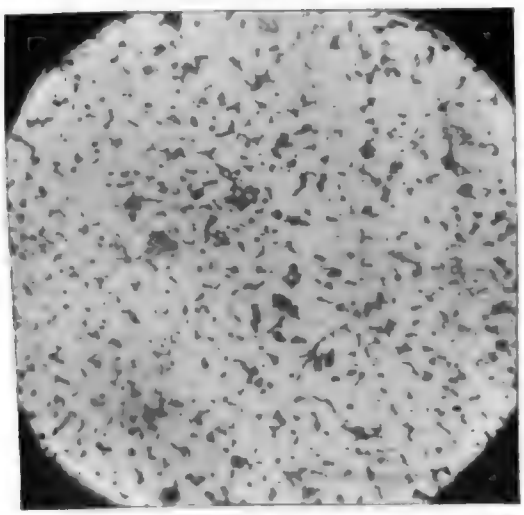
$v = 265$. Fig. 28.



Digitized by Google

Digitized by Google

$n = 123$. Fig. 31.



$n = 365$. Fig. 32.

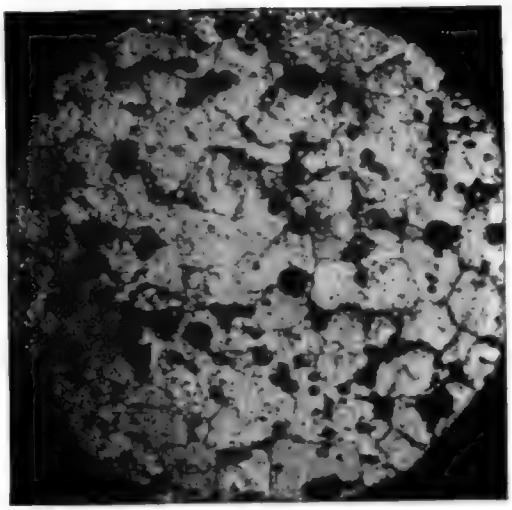


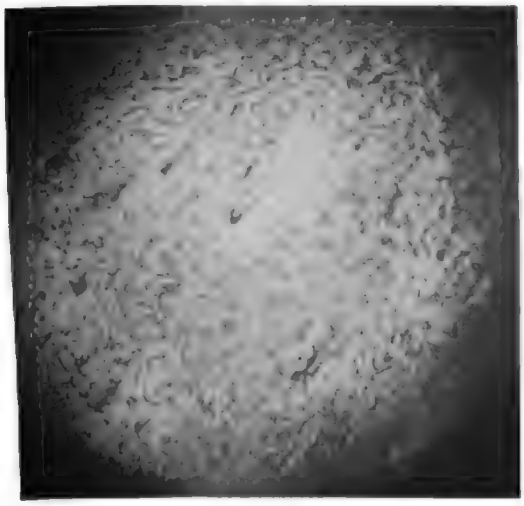
Fig. 34. $n = 4$.

Fig. 35.

Digitized by Google

ersuchung von Eisenlegierungen.

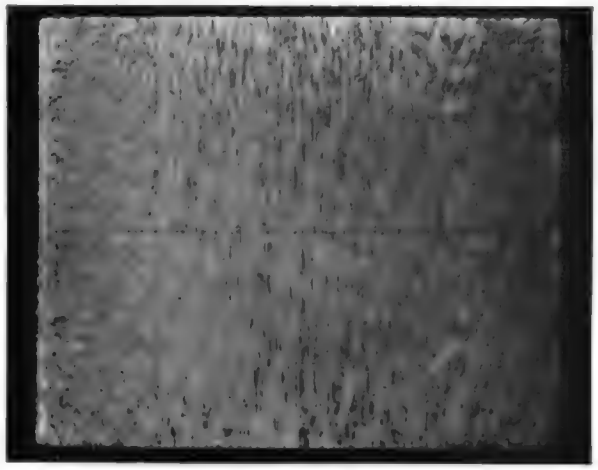
p = 123. Fig. 40.



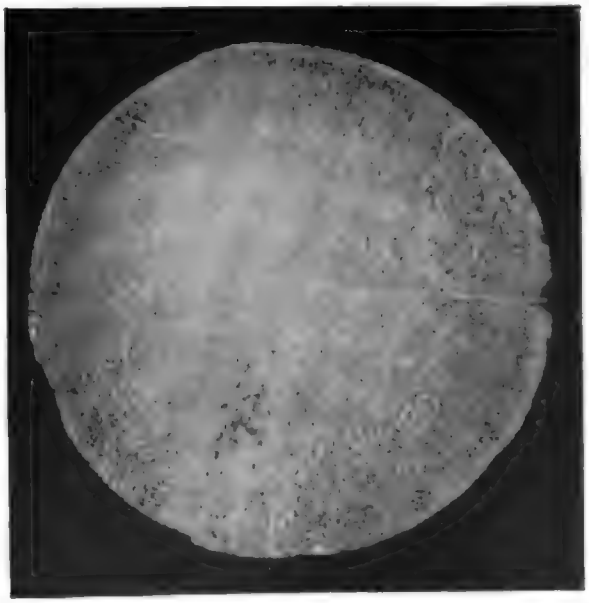
p = 2,7. Blockrand Fig. 41.

Blockmitte

p = 2,6. Fig. 43.



p = 2,6. Fig. 42.



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 46. $v = 900$.

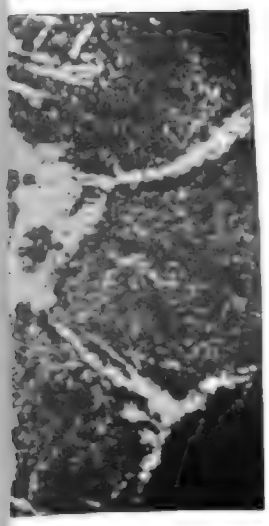


Fig. 47. $v = 900$.

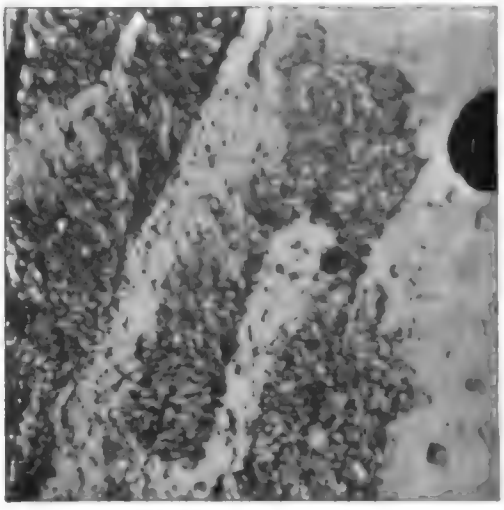
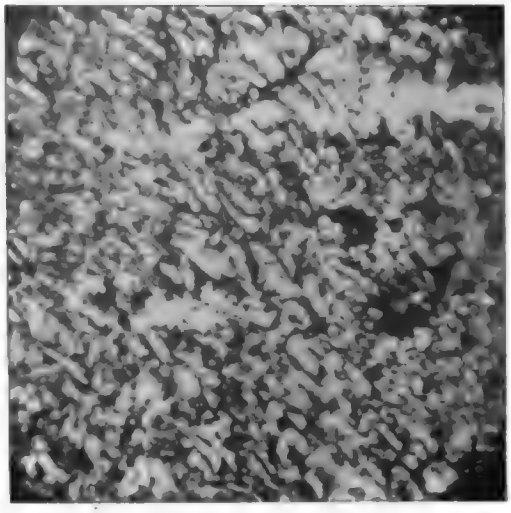
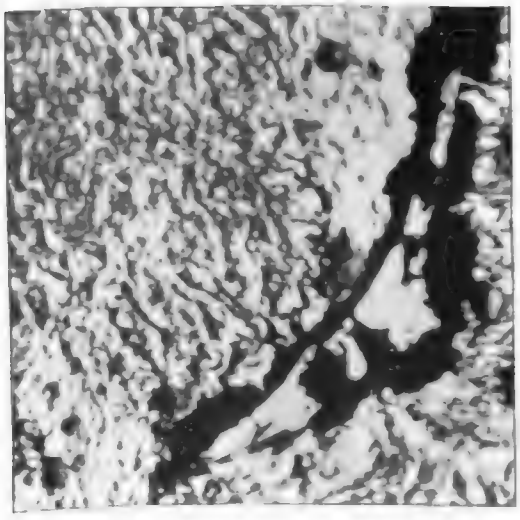


Fig. 48.



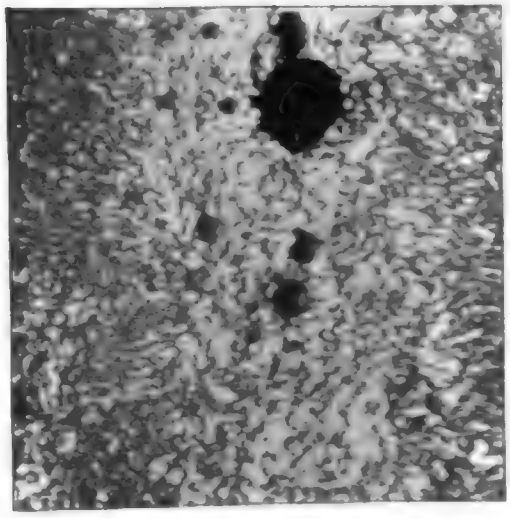
$v = 1650$.

Fig. 51.



$v = 1650$.

Fig. 52.



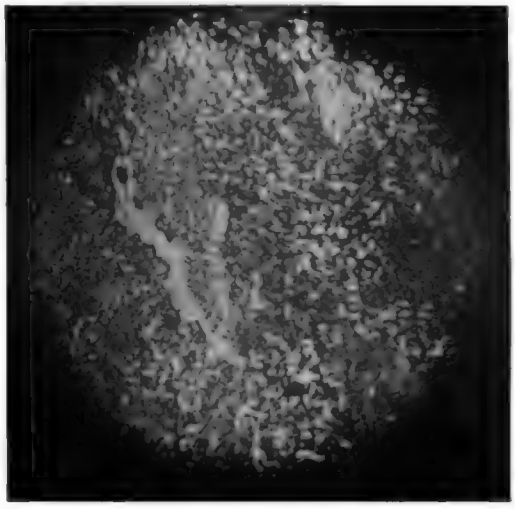
Digitized by Google

Digitized by Google

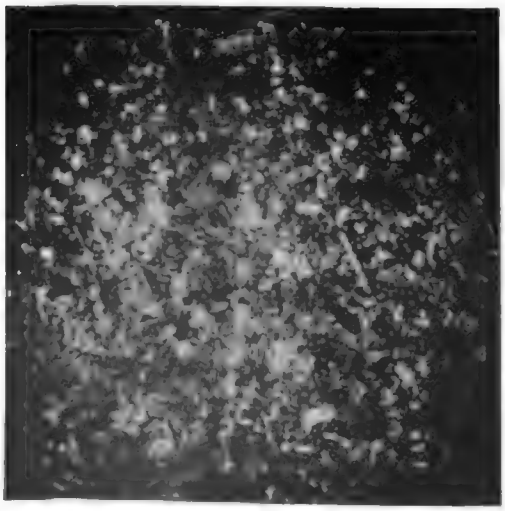
$v = 2.7$. Blockrand. Fig. 57.

Blockmitte.

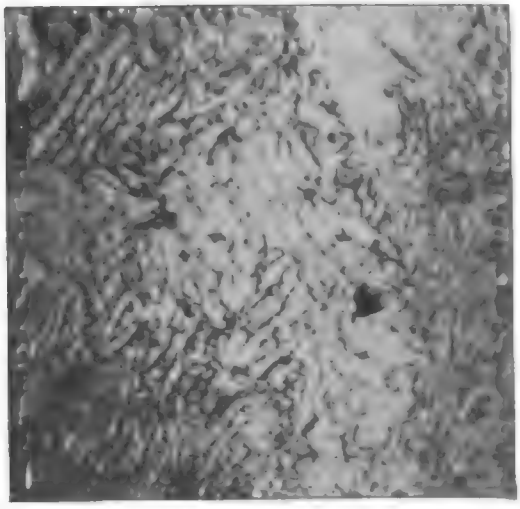
$v = 900$. Fig. 58



$v = 123$. Fig. 59.



$v = 1650$. Fig. 60.



Perlit. Ferrit. Perlit.

Digitized by Google

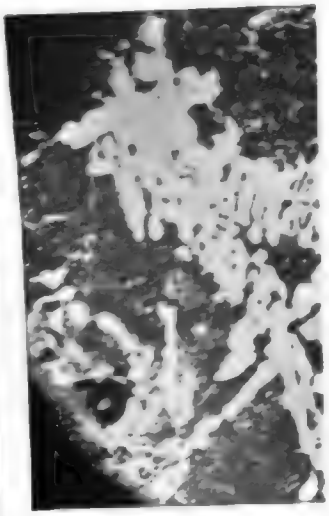
Digitized by Google

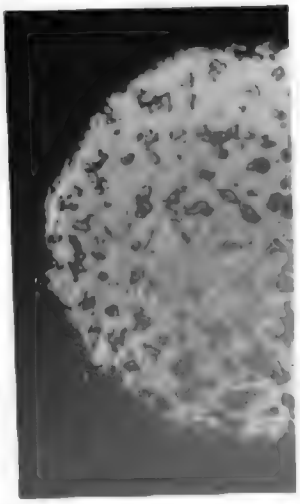
pische Unter

e = 1650.

e = 1.

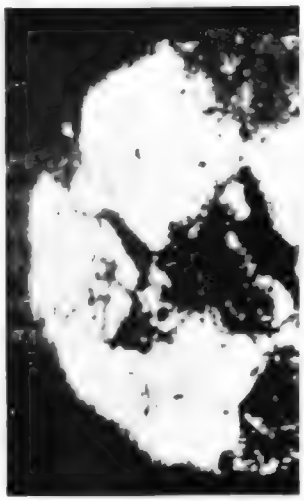
Digitized by Google

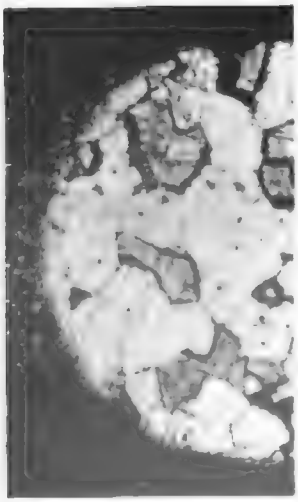




Digitized by Google

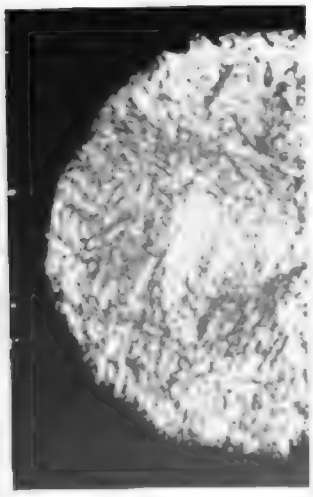
sche Untersu





Digitized by Google

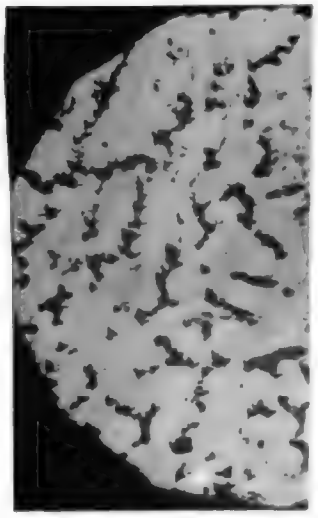
bische Unter



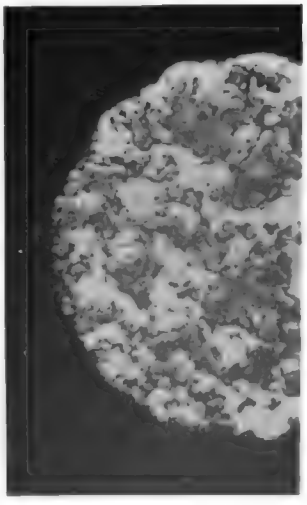
Digitized by G

che Untersuc

$v = 123.$

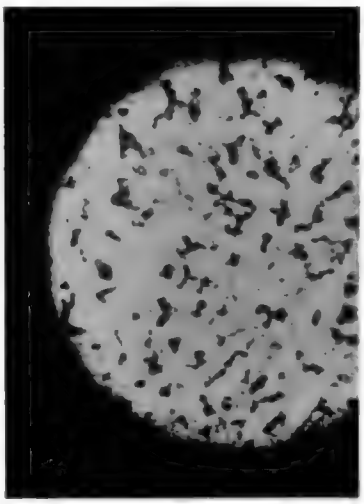


$v = 123.$

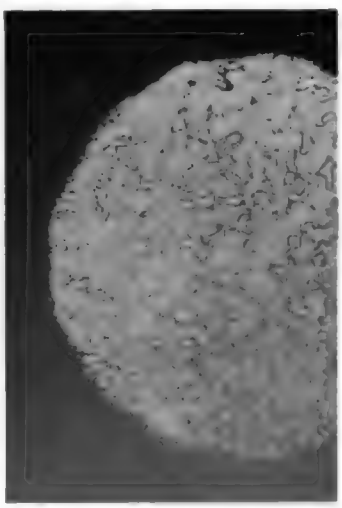


sche Untersuch

$v = 123$.



$v = 123$.



Digitized by Google

Digitized by Google

che Untersuch

v = 900.

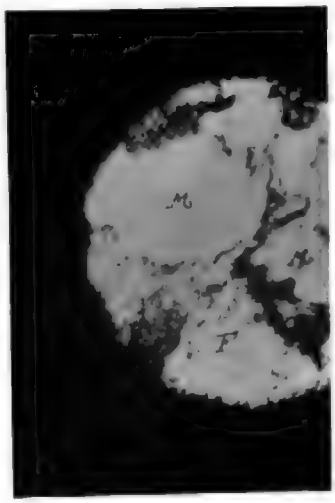


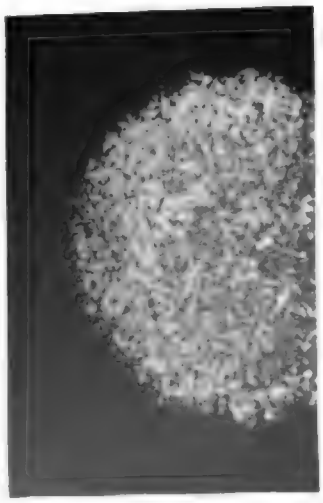
Fig
Nc

12

1

1

v = 123.

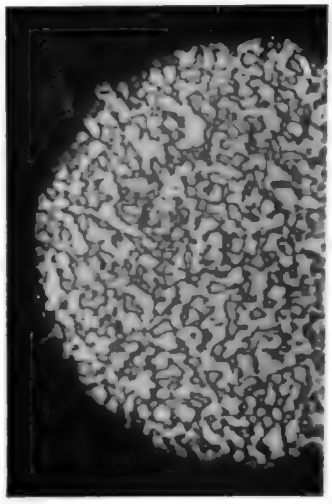


Digitized by Google

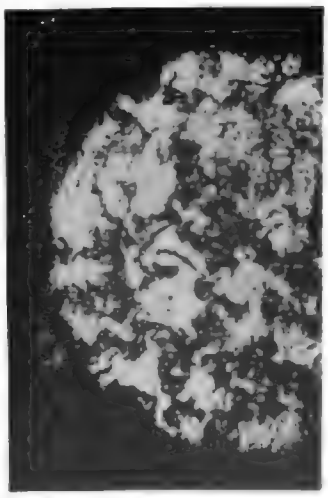
Digitized by Google

sche Untersuch

$r = 123.$



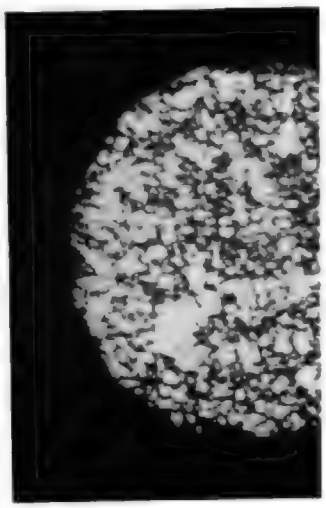
$r = 365.$



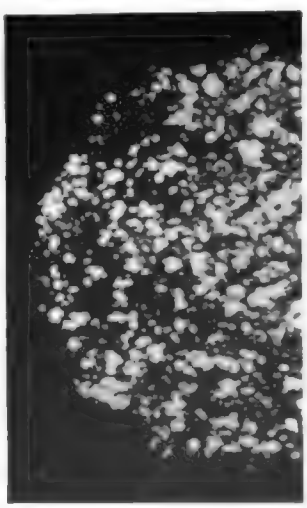
M

Digitized by Google

$v = 123.$



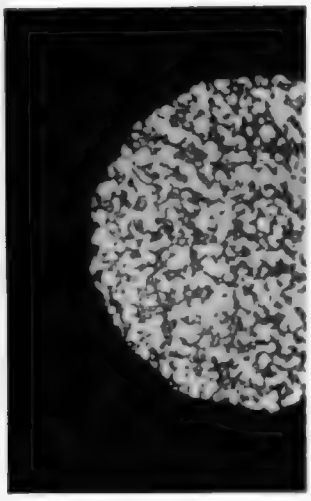
$v = 123.$



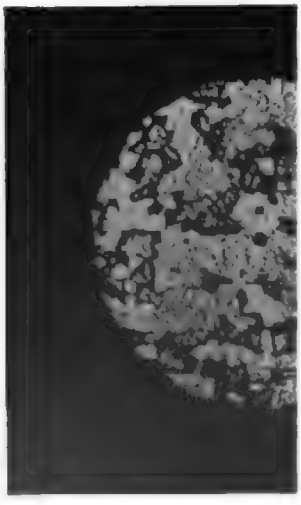
Digitized by Google

Digitized by Google

$v = 123$.



$v = 365$.

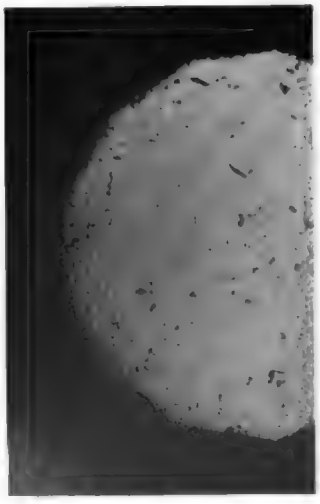


Digitized by Google

he Untersucl

$v = 365.$

$v = 365.$

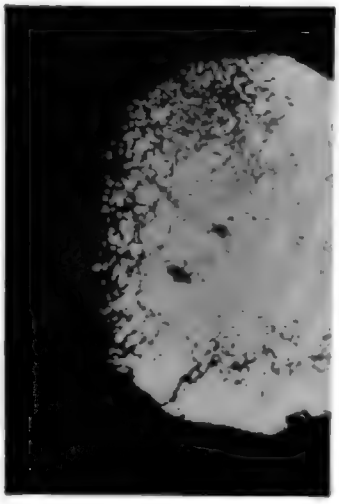


Digitized by Google

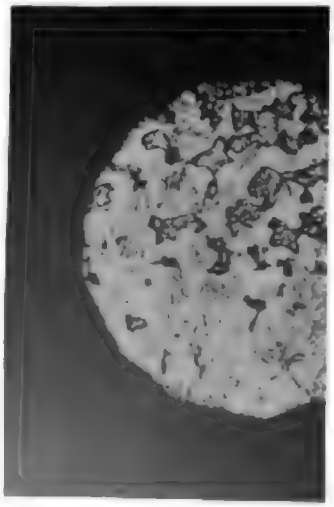
Digitized by Google

he Untersuch

$v = 123$



$v = 365.$

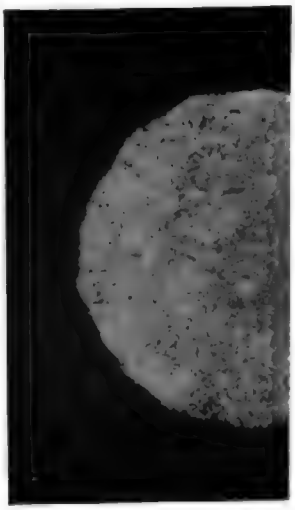


Digitized by Google

Digitized by Google

sche Untersu

$\nu = 365.$



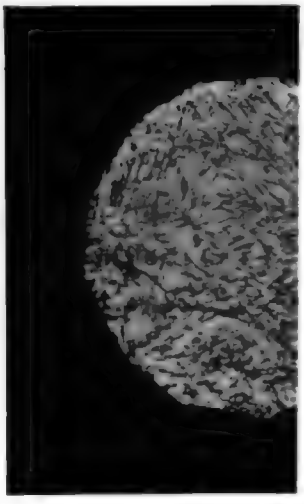
$\nu = 365.$

Digitized by Google

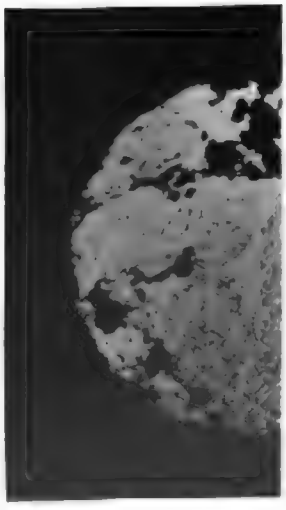
Digitized by Google

sche Untersu

$v = 365$.



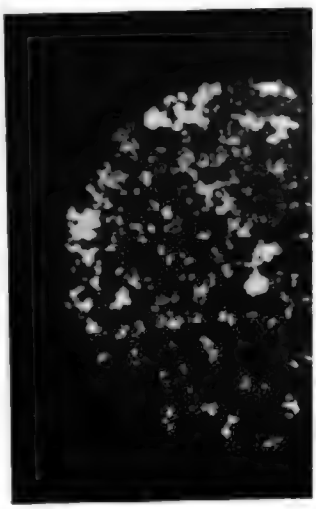
$v = 365$.



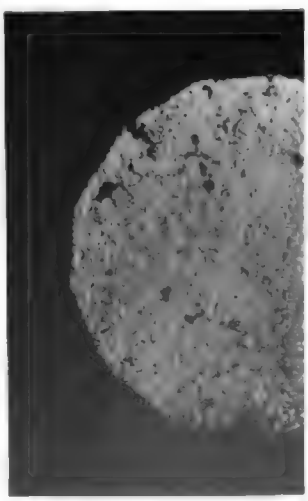
Digitized by Google

Digitized by Google

$r = 123$.



$r = 365$.

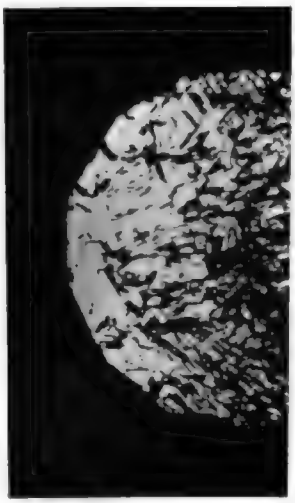


Digitized by Google

Digitized by Google

sche Untersu

$v = 365.$



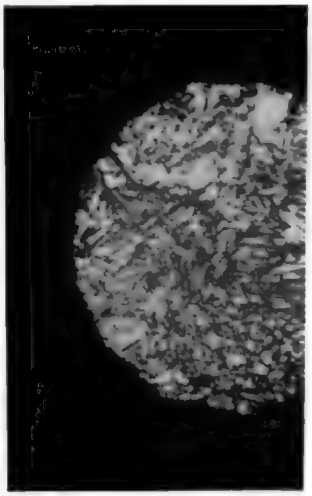
$v = 123.$

Digitized by Google

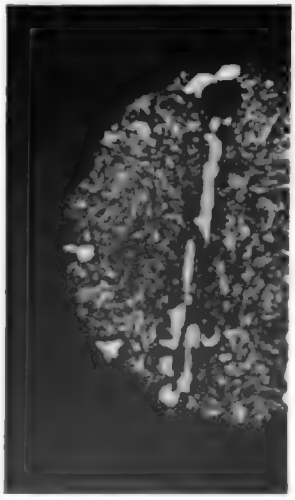
Digitized by Google

sche Untersuc

$v = 365$



$v = 365.$

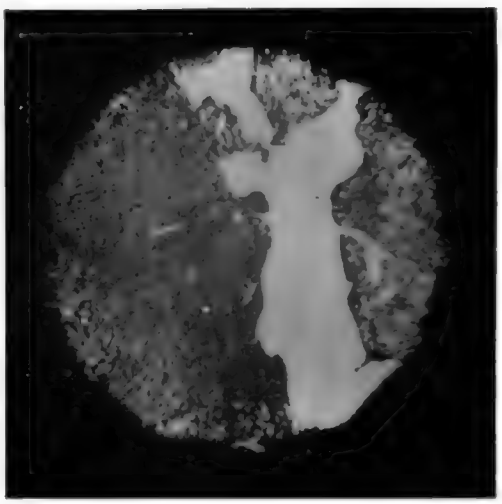


Digitized by Google

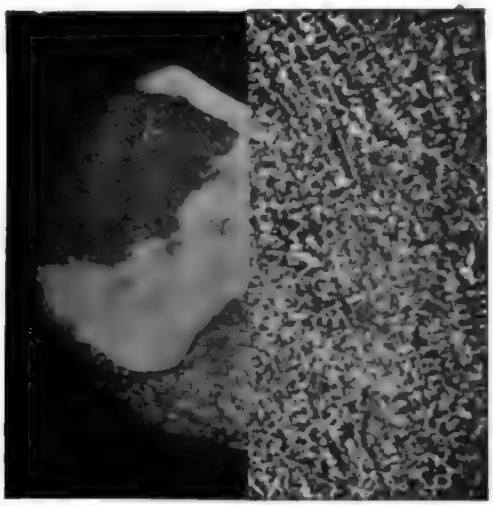
Digitized by Google

sche Untersuchung von Eisenle; Tafel XXV.

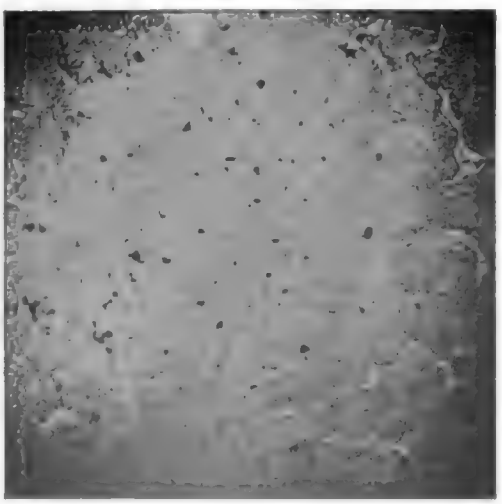
$v = 900$. Fig. 233.



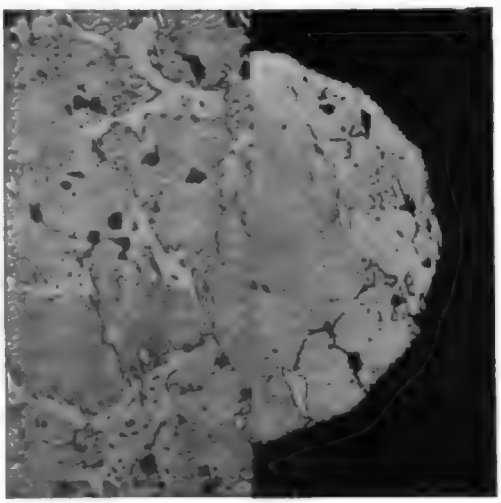
$v = 900$. Fig. 235.



$v = 123$. Fig. 238.



$v = 225$. Fig. 240.



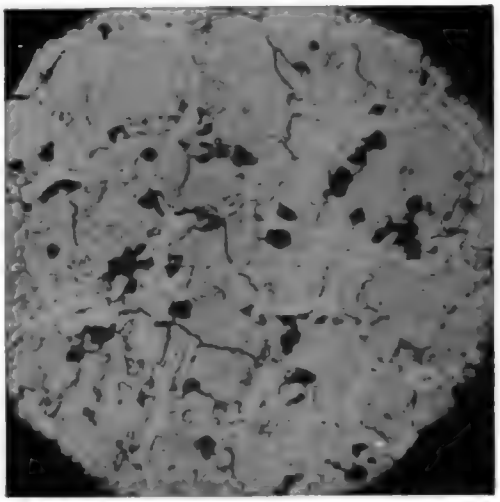
Digitized by Google

Digitized by Google

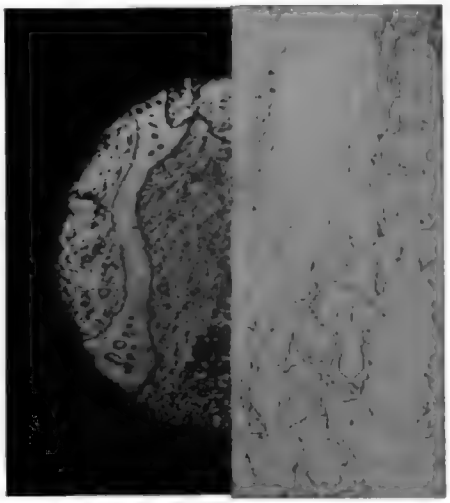
sche Untersuchung von Eisenl

Tafel XXVI.

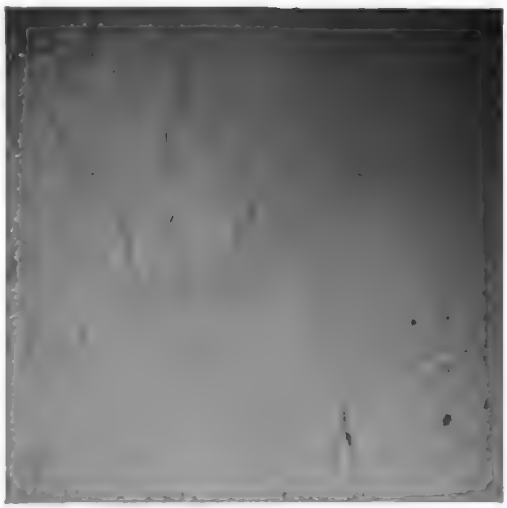
v = 225. Fig. 243.



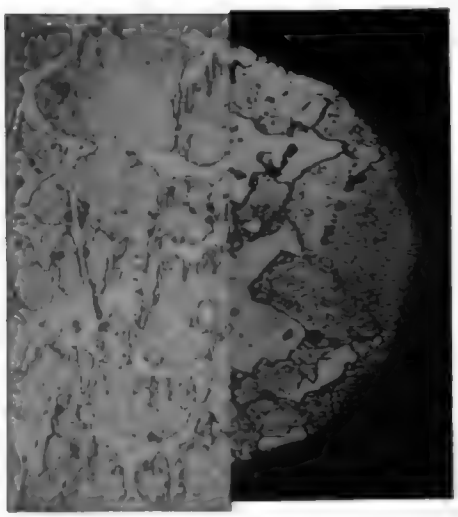
v = 365. Fig. 245.



v = 123. Fig. 248.



v = 225. Fig. 250.



Digitized by Google

tersuc

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 15.

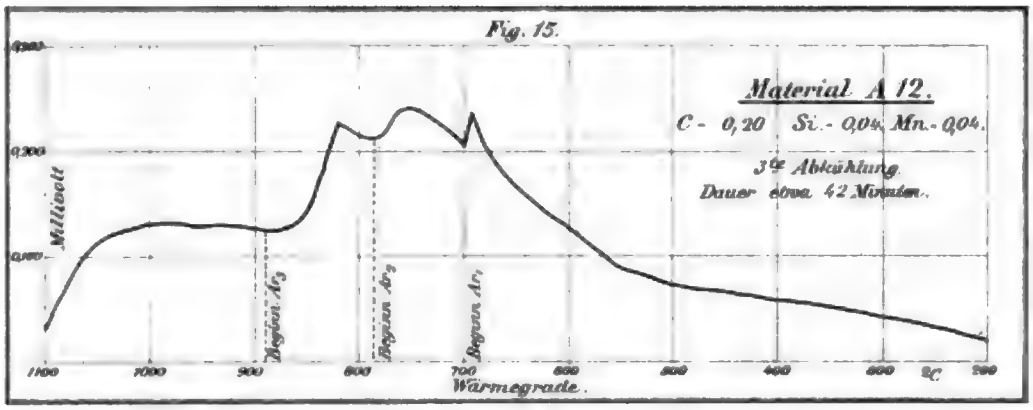


Fig. 18.

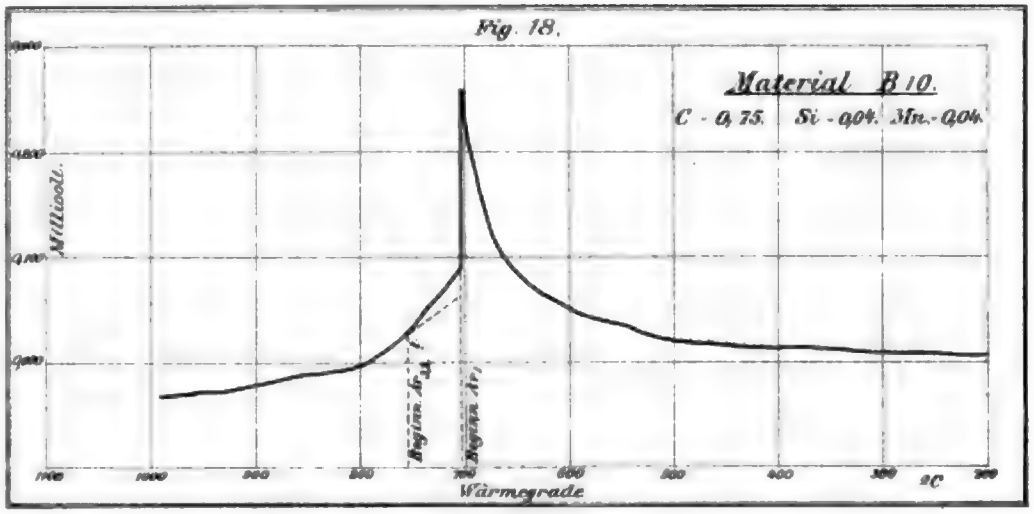
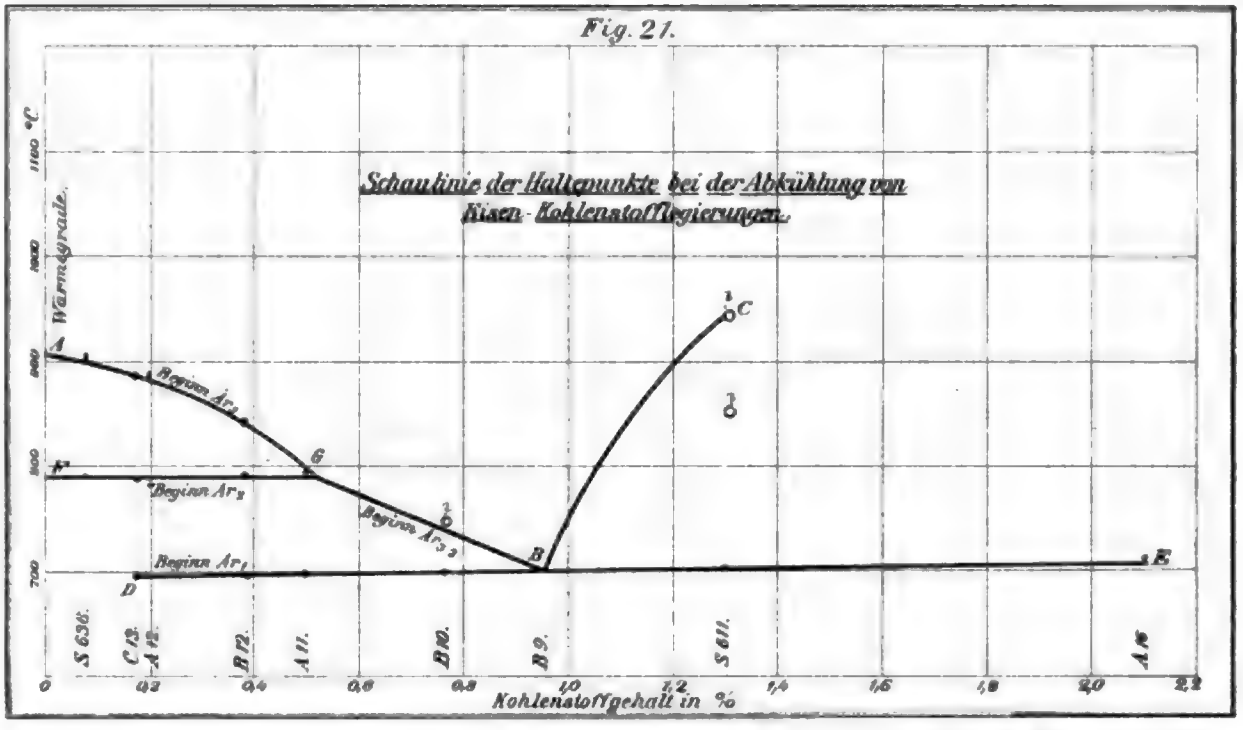
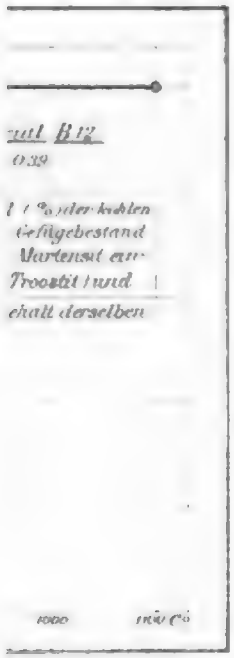


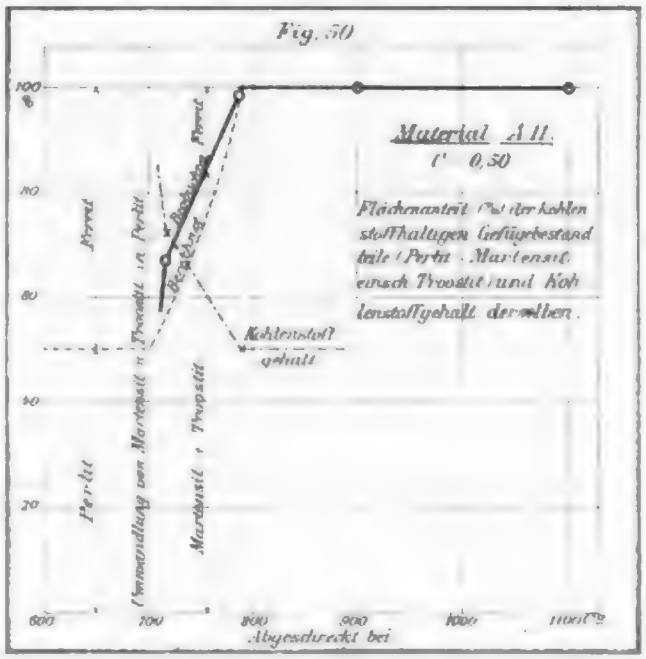
Fig. 21.

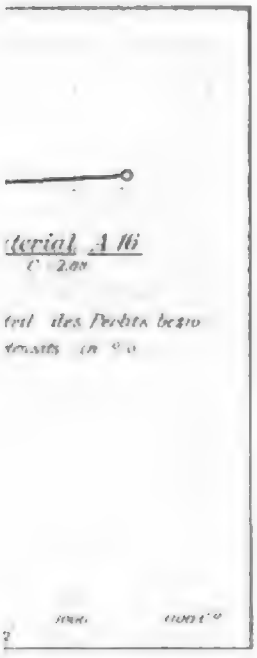


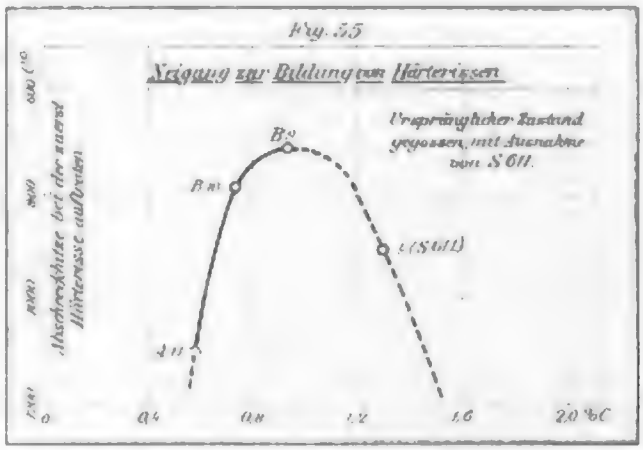
Lith u Druck v F Kayser in Berlin.

Digitized by Google



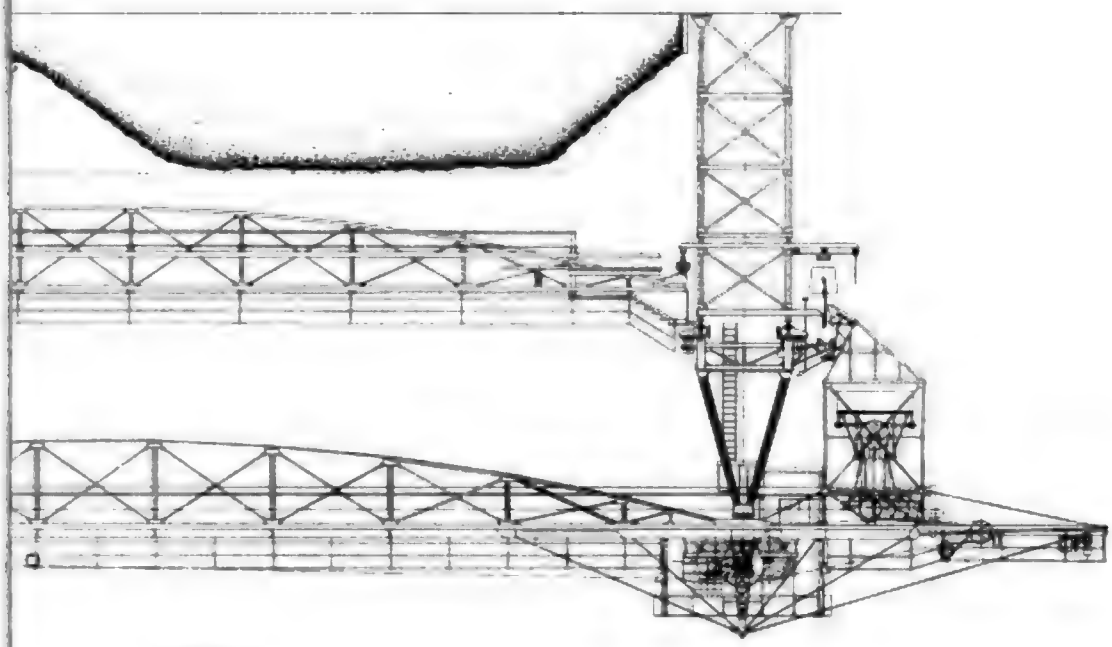






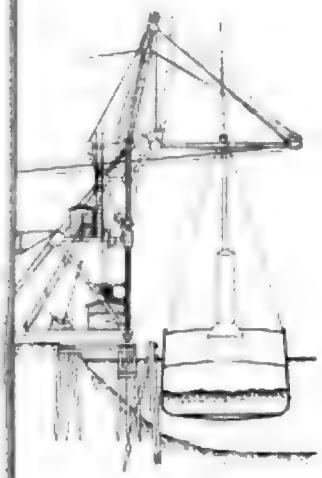
Digitized by Google

Digitized by Google



Figur 21.

ne für die Städtische Gasanstalt Berlin, Nordwestwerk in Tegel Dalldorf,
ler Firma Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis.



Digitized by Google

Digitized by Google

UNIV. OF MICH.
JAN 6 1919

Digitized by Google